electronic bookmarks

decodificatore sub-tono PIC modulazioni digitali BoeBot sensore di luce Comunicazione USB Microsoft Robotics Studio metro ad ultrasuoni

n. 301/302 LUGLIO -AGOSTO Anno XXVI € 6,00

Fe fare elettronica

www.farelettronica.com

alla scoperta delle FIBRE ottiche

PROGETTI

Un sensore di luce a LED

Metro ad ultrasuoni con PIC18

Decodificatore di sub-tono

Programmatore di PIC da 2 Euro

Ricevitore reflex per OM

PER IMPARARE

Le tecniche di modulazione digitale

Come allestire il proprio laboratorio

Dado elettronico su porta parallela

Comunicazione USB con Pokeys55

ISSN 1591-2272
00302
9 771591 227008

Inquadra il codice per accedere ai contenuti!

MENSILE Poste Italiane Spa - Spedizione in abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. In L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma1, DCB Milano. In caso di mancato recapito, restituire all'editore che si impegna a pagare la relativa tassa presso il CPM di Roserio - Milano

301-302 luglio/agosto 2010

Zoom in

Primi passi

Progettare & costruire

Imparare & approfondire

DIVERTITI E METTI ALLA PROVA LE TUE CONOSCENZE CON **ELETTRO QUIZ** E VINCI OGNI MESE ESCLUSIVI PREMI!

prossimamente su Fare Elettronica

- TERMOMETRO DIGITALE CON DIODO E CONDENSATORE
- POTENZIOMETRO DIGITALE A CONTROLLO ANALOGICO
- QUARZI E CIRCUITI RISONANTI
- RICEVITORE VHF A SUPER-REAZIONE

IE mobile

Usa il mobile tagging per vedere sul tuo telefonino gli approfondimenti e gli aggiornamenti sui contenuti della rivista. Per saperne di più visita *www.inwaredizioni.it/IEMOB*

COSA DEVI FARE:
1) Questa operazione la farai una sola volta. Scarica ed installa gratuitamente il software per il tuo telefonino dalla pagina *http://gettag.mobi*
2) Clicca l’icona TagReader sul tuo telefonino
3) Inquadra il codice e segui le istruzioni del software di lettura
4) Il telefono si collega al sito mobile per visualizzare i contenuti

Gli articoli contrassegnati col simbolo **sono già disponibili in formato PDF* all’indirizzo** ***www.farelettronica.com/club***

**Puoi iscriverti al CLUB di Fare Elettronica versando una piccola quota annuale.*

LUPUS IN FABULA

editoriale

di MAURIZIO DEL CORSO

Maturità *tecnologica*

Si è da poco concluso l'esame di maturità 2010 ed ora è tempo di vacanza!

Il titolo è volutamente ambiguo: per maturità tecnologia non si intende l'aver raggiunto una fase di profonda conoscenza dal punto di vista tecnologico, bensì quanto la tecnologia influisce oggi sullo svolgimento dell'esame di maturità. Si, perché oggi tutti hanno un telefonino e molti sono in possesso di smartphone con connessione ad internet: una valida alternativa al classico bigliettino nascosto in tasca! Il giorno della seconda prova, già alle 8,40 il testo della prova di matematica era già in rete precedendo la soluzione di pochi minuti. Saranno soprattutto i social network ad imporre al MIUR misure più restrittive nell'uso della tecnologia durante l'esame. Ad oggi puoi pubblicare un "tweet" inviando in semplice sms e, se si è pratici, possiamo fa arrivare il nostro messaggio a migliaia di persone in modo virale attraverso il collegamento tra i vari social network. Per quanto riguarda le copiature, da sondaggi in rete risulta che il 60% dei ragazzi ha copiato, il 31% ha preso il compito in blocco da qualcun altro, il 16% ha copiato abbastanza, il 13% solo un po'. Personalmente ritengo che non ci sia soddisfazione più grande che raggiungere un risultato, anche modesto, ma con le proprie forze. Se fate parte della percentuale dei copiatori approfittate delle vacanze per meditare su questo punto.

Scatta una foto al codice sopra riportato i primi 10 avranno una iscrizione gratuita al club di Fare Elettronica!

(Scarica l'applicazione per il tuo cellulare su http://gettag.mobi)

DIRETTORE RESPONSABILE
Antonio Cirella

DIRETTORE TECNICO
Maurizio Del Corso

Segreteria di redazione
Giorgia Generali

Comitato Scientifico
Antonio Cecere, Francesco Di Lorenzo, Giovanni Di Maria, Adriano Gandolfo, Antonio Giannico, Giorgio Ober, Francesco Pentella, Luca Stanzani, Franco Tedeschi.

Art Director
Patrizia Villa

Hanno collaborato in questo numero:
Iginio Commisso, Nicola De Crescenzo, Francesco Di Lorenzo, Giovanni Di Maria, Maurizio Di Paolo Emilio, Francesco Ficili, Antonio Giannico, Mariarosa Malizia, Giorgio Ober, Remo Riglioni, Francesco Pentella, Luca Stanzani, Franco Tedeschi.

Direzione Redazione
INWARE Edizioni srl
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225
info@inwaredizioni.it
www.inwaredizioni.it
Redazione: fe@inwaredizioni.it

Pubblicitá per l'Italia
Agostino Simone
Tel. 347 2230684
media@inwaredizioni.it

International Advertisement
Elisabetta Rossi
Tel. 328 3245956
international@inwaredizioni.it

Stampa
Grafiche Sima
Via Provinciale Francesca, 52
24040 Ciserano (BG)

Distribuzione
Parrini & C s.p.a.
Via di Santa Cornelia, 9
00060 Formello (RM)

Ufficio Abbonamenti
INWARE Edizioni srl
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)
Per informazioni, sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento:
abbonamenti@inwaredizioni.it
Tel. 02.66504755
Fax. 02.66508225
L'ufficio abbonamenti è disponibile telefonicamente dal lunedì al venerdì dalle 14,30 alle 17,30.
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225

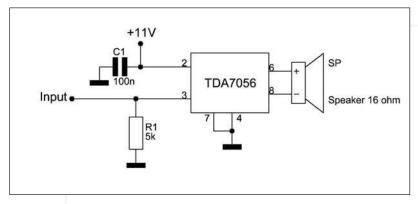
Abbonamento per l'Italia:
€ 49,50
Abbonamento per l'estero:
€ 115,00
Gli arretrati potranno essere richiesti, per iscritto, a **€ 9,00** oltre le spese di spedizione

Autorizzazione alla pubblicazione
Tribunale di Milano n.647
del 17/11/2003

Mensile associato all'USPI
(Unione Stampa Periodica Italiana)

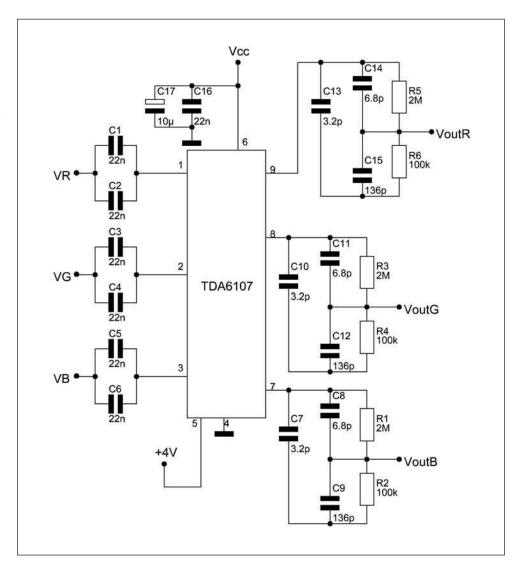
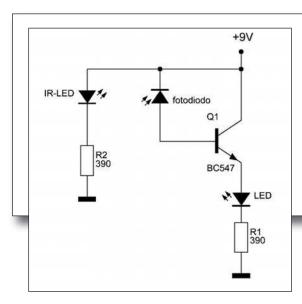
Privacy
Nel caso la rivista sia pervenuta in abbonamento o in omaggio, si rende noto che i dati in nostro possesso sono impiegati nel pieno rispetto del D.Lgs. 196/2003. I dati trasmessi a mezzo cartoline o questionari presenti nella rivista, potranno venire utilizzati per indagini di mercato, proposte commerciali, o l'inoltro di altri prodotti editoriali a scopo di saggio. L'interessato potrà avvalersi dei diritti previsti dalla succitata legge. In conformità a quanto disposto dal Codice di deontologia relativo al Trattamento di dati personali art. 2, comma 2, si comunica che presso la nostra sede di Cormano Via Cadorna 27, esiste una banca dati di uso redazionale. Gli interessati potranno esercitare i diritti previsti dal D.Lgs. 196/2003 contattando il Responsabile del Trattamento Inware Edizioni Srl (info@inwaredizioni.it).

Collaborare con FARE ELETTRONICA
Le richieste di collaborazione vanno indirizzate all'attenzione di Maurizio Del Corso (m.delcorso@inwaredizioni.it) e accompagnate, se possibile, da una breve descrizione delle vostre competenze tecniche e/o editoriali, oltre che da un elenco degli argomenti e/o progetti che desiderate proporre.

di FRANCESCO DI LORENZO

AMPLIFICATORE DA 3W

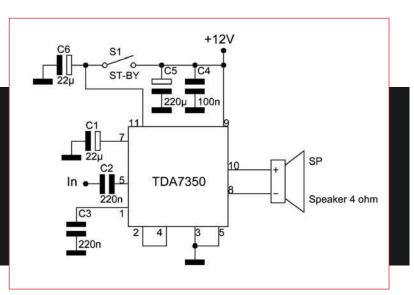
Nello schema è riportato un amplificatore mono che eroga 3 watt. Il vantaggio di questo circuito è che non richiede un numero di componenti eccessivi all'esterno. Lo svantaggio di questo circuito è che non può essere utilizzato come dispositivo portatile a causa del fatto che richiede 11V per erogare 3Watt di potenza. L'applicazione tipica è all'interno dei televisori.

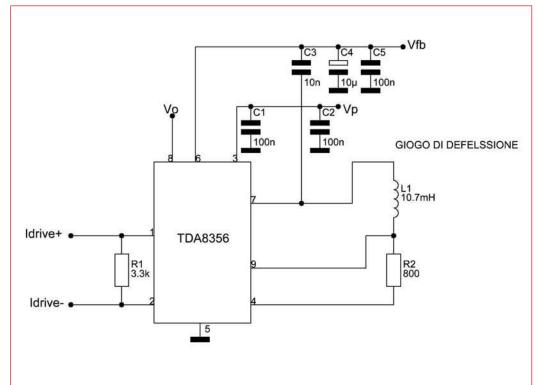
AMPLIFICATORE VIDEO

Il TDA6107 è un amplificatore per segnali video del tipo RGB, utilizzato nei televisori a tubo catodico. L'integrato presenta al suo interno 3 amplificatori: uno per ogni segnale. È disponibile in un contenitore del tipo SIL a 9 pin. Deve essere alimentato con una tensione di circa 200V.

Conta-insetti

Questo semplice circuito impiega un fotodiodo per rilevare il passaggio di un insetto attraverso un piccolo foro. Il fotodiodo può essere ricavato dal ricevitore IR per il telecomando di un vecchio tv di recupero e in ogni caso può essere utilizzato qualsiasi tipo di fotodiodo. Il led IR può anch'esso essere ricavato da un vecchio telecomando. Il led illumino costantemente il fotodiodo mantenendolo il conduzione polarizzando quindi il transistor Q1 il quale mantiene acceso il LED D2. Il passaggio di un insetto interrompe il fascio di luce e provoca lo spegnimento del LED. E' possibile prelevare la tensione sull'emettitore del transistor per inviarla ad un contatore di impulsi ed effettuare quindi un conteggio degli insetti che attraversano la fessura.

AMPLI IN CLASSE AB

In figura un amplificatore integrato di classe AB, prodotto dalla ST. Il TDA7350 è la nuova tecnologia di amplificatori di classe AB, realizzato per le applicazioni del tipo autoradio. Grazie alla sua configurazione interna dei transistor PNP e NPN, non richiede condensatori di bootstrap. L'amplificatore eroga 20 watt di potenza con un'alimentazione di 18V.

Sensore di campo magnetico

Questo integrato, prodotto dall'Allegro, è un sensore di campo magnetico ad effetto Hall utilizzato a livello industriale per monitorare il corretto spostamento degli oggetti. Questo piccolo componente ha al suo interno degli amplificatori che lo rendono subito interfacciabile con qualsiasi dispositivo. Ha un basso offset ed un elevato isolamento interno dai campi magnetici che posso interferire con il corretto funzionamento. Per farlo funzionare bastano pochi componenti e una tensione di alimentazione di 5V.

STADIO DI DEFLESSIONE

In figura un tipico schema per la deflessione verticale presente nei televisori a tubo catodico. A provvedere a questa deflessione è il TDA8356, il quale è in grado di fornire una deflessione dai 90° ai 110°, con frequenze dai 50 ai 120Hz. L'integrato, utilizzato nei televisori Mivar, è dotato di protezione contro i corto circuiti, mediante i pin 7 e 4. Gli ingressi in modo comune garantiscono una alta immunità EMC.

DRIVER PER MOTORI BRUSHLESS

L'SA303 è un amplificatore integrato destinato a pilotare motori brushless in corrente continua, con tre fasi. 6 transistor FET connessi a ponte 2 per ogni fase forniscono una corrente di 10A. Al suo interno ha un microprocessore che blocca il funzionamento in caso di consumo eccessivo di corrente. La tensione di alimentazione si aggira intorno ai 60V.

18-19 settembre 2010

Expoelettronica Cesena

Elettronica nuova, usata e da collezione; collezionismo elettronico ma non solo. Expo Elettronica è la mostra mercato dedicata all'elettronica e punto d'incontro fra "antiquariato tecnologico" e applicazioni "futuribili": una miriade di oggetti e applicazioni ormai indispensabili come computer, software, periferiche, home theater, telefonia fissa e mobile, accessori, ricambi, curiosità elettroniche e digitali.

Dove: Cesena (FC) **Quando:** 18-19 settembre 2010

Orari: dalle 9.00 alle 18.00 **Organizzazione:** Blunautilus

info: www.expoelettronica.it

CODICE MIP 2789804

7-10 settembre 2010

ZERO EMISSION **Rome** 2010

Giunto alla sua sesta edizione, ZEROEMISSION ROME è l'evento di riferimento per tutte le aziende e gli operatori interessati allo sviluppo delle energie rinnovabili, all'emission trading e alla sostenibilità ambientale in Italia e nel grande e promettente mercato del bacino del Mediterraneo. ZEROEMISSION ROME 2010 è l'insieme di eventi specializzati dedicati all'energia eolica, all'energia fotovoltaica, al solare termodinamico, all'emission trading, cambiamenti climatici e CCS, agroenergie e biocarburanti. Insieme occuperanno ben quattro grandi padiglioni di Fiera di Roma su un'area di oltre 40.000 metri quadri.

Dove: *Roma* **Quando:** *7-10 settembre 2010*

Orari: *dalle 9.30 alle 18.30*

Organizzazione: *ZeroEmission*

info: www.zeroemissionrome.eu

CODICE MIP 2790588

Mostra nazionale mercato radiantistico

Mostra mercato radiantistico dell'elettronica, CD, editoria specializzata, telefonia cellulare.

Dove: Montichiari (BS) **Quando:** 4-5 settembre 2010

Orari: dalle 9.00 alle 18.00 **Organizzazione:** Centrofiera

info: www.centrofiera.it

CODICE MIP 2789825

28-29 AGOSTO 2010

COMPUTERFEST & RADIOAMATORE

Fiera dell'elettronica, CD, randiantistica, editoria specializzata, telefonia cellulare.

Dove: *Cerea (VR)* **Quando:** *28-29 agosto 2010*
Orari: *dalle 9.00 alle 18.00*
Organizzatore: *Compendio Fiere*
info: www.compendiofiere.it

CODICE MIP 2790586

15-16 SETTEMBRE 2010

FIERA DELL'ELETTRONICA E DEL RADIOAMATORE

Fiera nazionale dedicata all'hardware, software, componentistica, telefonia ed elettronica di consumo.

Dove: Gonzaga (MN) **Quando:** 15-16 settembre 2010 **Orari:** dalle 9.00 alle 18.00
Organizzatore: Fiera Millenaria
info: www.fieramillenaria.it

CODICE MIP 2789823

25-26 settembre 2010

Mondo Elettronica

Dopo il successo delle precedenti edizioni, con un'affluenza di pubblico che ha sfiorato le 13.000 presenze, ecco la 4.a edizione di "RAVENNA MONDO ELETTRONICA", Fiera dell' elettronica e informatica. Nella suggestiva cornice del PALAZZO MAURO DE ANDRE', il polo fieristico della città di Ravenna, che ospita fiere, mostre-mercato e meeting nazionali, SABATO 25 e DOMENICA 26 SETTEMBRE 2010 si svolgerà il 4° prestigioso appuntamento dedicato al mondo dell'elettronica, dell'informatica, della telefonia, del digitale, etc.

Dove: Ravenna **Quando:** 25-26 settembre 2010
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzatore: Exposition service
info: www.mondoelettronica.net

CODICE MIP 2790793

Importante accordo tra *OMP Mechtron* ed *Elemaster*

Con soddisfazione e orgoglio OMP Mechtron S.p.a. ed Elemaster S.p.a. Tecnologie Elettroniche comunicano di aver siglato un importante accordo di collaborazione tecnologica e commerciale. Ad unire gli intenti delle due società sono una condivisa filosofia di lavoro e le comuni strategie commerciali che porteranno ad azioni congiunte di vendita e di co-marketing. Lo scopo è fornire al cliente finale un prodotto finito di elevatissima qualità (completo quindi di chassis o rack meccanico e dell'elettronica necessaria). Il servizio sarà incrementato: il cliente avrà come interlocutore un unico "capo commessa", sgravandosi della gestione di più fornitori, potendo sempre contare su uno skill congiunto di massimo livello tecnico. Le motivazioni che hanno portato alla sigla di questo accordo di collaborazione tra due così dinamiche realtà industriali vanno ricercate nella necessità di Elemaster ed OMP di creare sinergie che aumentino la competitività sul mercato, la verticalizzazione dell'offerta e l'integrazione degli specifici know-how di settore delle due aziende.

CODICE MIP 2790599

MOLEX OFFRE LA LICENZA PER L'INTERFACCIA HELIEON

Modulo di illuminazione sostenibile Helieon™ è stato recentemente presentato come il primo modulo LED del settore con zoccolo, facilmente sostituibile, ed un prezzo adatto alla grande distribuzione. Sull'onda dell'assegnazione del premio Lightfair® 2010 "Prodotto innovativo dell'anno", Molex Incorporated ha annunciato la vendita su licenza della propria tecnologia di interconnessione IP Helieon. La concessione di licenze per l'interfaccia di interconnessione con zoccolo utilizzata dal modulo Helieon consentirà globalmente ai produttori di apparecchi di illuminazione di sviluppare prodotti basati su questa tecnologia, accelerandone la diffusione sul mercato. Sostenendo la standardizzazione industriale della tecnologia di interconnessione del modulo Helieon, Molex contribuisce a garantire opportunità di progettazione a lungo termine, proteggendo nel contempo gli investimenti di sviluppo dei produttori di apparecchi e i loro più importanti clienti in tutto il mondo.

CODICE MIP 2790580

"SERIZ" IL NUOVO KIT DI SVILUPPO per lo sviluppo RFID e NFC

Silica, un'azienda del gruppo Avnet, e distributore pan-Europeo di semiconduttori, ha esteso il suo supporto per gli sviluppatori di applicazioni RFID e near-field communication (NFC) con l'introduzione del kit di sviluppo Seriz. SERIZ fornisce un set completo di strumenti di sviluppo che permettono il design rapido di applicazioni sicure e compatibile con i diversi tipi di tags RFID presenti sul mercato. Inoltre consente di aggiungere i benefici della tecnologia NFC senza quasi alcun costo addizionale. Gli schematici ed i sorgenti software sono disponibili per il kit e forniti gratuitamente, pronti da essere compilati con il nuovo e gratuito IDE LPCXpresso di NXP, una soluzione completa che permette ai designers embedded di sviluppare le loro applicazioni dalla fase di valutazione a quella finale di produzione. Il kit è basato su un processore NXP LPC 1766, ARM Cortex-M3, con frequenza fino a 100 MHZ, 256KB di Flash Memory on-Chip ad alta velocità e 64KB di RAM. La scheda possiede un display LCD, porte Ethernet, USB Host, USB Device e JTAG per debug e programmazione.

CODICE MIP 2790578

CARICABATTERIA DA 2 A AD ALTA TENSIONE

Linear Technology Corporation presenta l'LT3652HV, una versione con tensione più elevata dell'LT3652, il caricabatteria buck monolitico che supporta le strutture chimiche delle moderne batterie. L'LT3652HV offre un range di tensione variabile della batteria più ampio rispetto all'LT3652 (fino a 18 V) e integra lo stesso circuito di regolazione della tensione di ingresso che controlla la corrente di carica per mantenere l'alimentazione in ingresso al livello programmato. Il dispositivo, inoltre, supporta numerose configurazioni della batteria da più alimentazioni in ingresso e, se collegato a un pannello solare, il circuito di regolazione dell'ingresso mantiene la corrente di uscita del pannello a livelli di picco.

CODICE MIP 2789929

NUOVI MICRO DA MICROCHIP

Microchip annuncia l'introduzione delle famiglie di microcontroller a 8-bit PIC18F 'K90' e PIC18F 'K22'. Si tratta delle MCU più recenti basate sulla tecnologia a basso consumo nanoWatt XLP, la più avanzata attualmente in commercio. La linea 'K90' rappresenta la prima e unica famiglia di MCU ultra low power a integrare direttamente on-chip un modulo driver per LCD. Tale modulo è capace di pilotare pannelli a cristalli liquidi fino a 192 pixel. I prodotti di entrambe le nuove famiglie sono in grado di funzionare con alimentazioni da 1.8 a 5.5V, offrono un convertitore analogico-digitale a 12-bit e mettono a disposizione l'innovativa tecnologia di rilevamento tattile capacitivo mTouchTM di Microchip unitamente a un vasto spettro di altre periferiche. La famiglia PIC18F 'K90' rappresenta un significativo allargamento dell'offerta Microchip di Microcontroller LCD a 8-bit di fascia alta. Essa offre una soluzione ideale per il pilotaggio di grossi LCD segmentati a fronte di consumi estremamente contenuti. La famiglia è fornita in package a 64- e 80-pin, con dotazioni di memoria Flash nel range da 32 KB a 128 KB, fino a 4 KB e RAM e 1 KB di EEPROM on-chip.

CODICE MIP 2789931

Altera avvia la produzione del dispositivo a più elevata densità

Altera Corporation ha annunciato l'avvio della produzione del componente a più elevata densità della propria serie di FPGA da 40 nm StratixÒ IV. Caratterizzato da una densità pari a 820K elementi logici (LE – Logic Element), Stratix IV E EP4SE820 è ideale per l'uso in una varietà di applicazioni digitali di fascia alta che richiedono dispositivi programmabili ad alta densità, elevate prestazioni e bassi consumi nei settori dei sistemi di memorizzazione e di elaborazione, militare, delle trasmissioni wireless e cablate, oltre che per l'emulazione e la prototipazione dei circuiti ASIC. Con questo annuncio, tutti i dispositivi della serie Stratix IV in tecnologia da 40 nm sono ora disponibili in volumi di produzione. La serie di FPGA Stratix IV E – una particolare versione della linea Stratix IV – abbina alta densità ed elevate prestazioni a funzionalità innovative di risparmio energetico, compresa la tecnologia Programmable Power (potenza programmabile) messa a punto da Altera. Questa linea è composta da quattro dispositivi con densità compresa tra 230K e 820K elementi logici. EP4SE820, l'FPGA a più elevata densità attualmente in produzione, mette a disposizione 820K elementi logici, 23,1 Mb di memoria embedded e 960 moltiplicatori 18 x 18.

CODICE MIP 2790572

SERVIZIO MIP

MORE INFO PLEASE!

IL SERVIZIO UTILIZZABILE PER RICHIEDERE MAGGIORI INFORMAZIONI SUI CONTENUTI DI FARE ELETTRONICA

ONLINE:

www.farelettronica.com/mip

VIA FAX: 02 66508225

NUMERO DELLA RIVISTA 301-302

INSERISCI I CODICI MIP PER I QUALI DESIDERI RICEVERE INFORMAZIONI. UTILIZZA IL NUMERO MIP CHE COMPARE ALLA FINE DI OGNI ARTICOLO O ALL'INTERNO DELLE PAGINE DI TUO INTERESSE.

DATI DEL LETTORE

Nome ____________ Cognome ____________

Azienda ____________ Indirizzo Azienda ____________

Città ____________ Cap ______ Prov. ______ Nazione ______

Tel. ____________ Fax ____________

e-mail ____________

di ANTONIO GIANNICO

Le fibre OTTICHE

Le comunicazioni in fibra ottica impiegano la luce come portante elettromagnetica. L'avvento di questa tecnologia risale agli anni '70; il suo sviluppo ha permesso di soppiantare, in molti casi, le comunicazioni su rame ed ha rivoluzionato l'industria delle telecomunicazioni giocando un ruolo fondamentale nell'avvento dell'Era dell'Informazione

L'utilizzo della luce come mezzo di comunicazione a distanza necessita di strutture fisiche in grado di guidare il segnale. Sfruttando il principio della *riflessione totale interna,* la trasmissione guidata venne provata da John Tyndall nel 1870. Illuminando l'estremità in alto di un recipiente colmo di acqua, egli riuscì a far propagare la luce al suo interno ed a farla uscire da una apertura sulla parete. La luce continuava ad essere guidata lungo lo zampillo fino a giungere all'interno del recipiente sottostante illuminandone il contenuto **(figura 1)**. Il principio venne presto utilizzato per illuminare le fonti delle fontane pubbliche. L'osservazione di questo fenomeno e di altri simili, spiegabili con il medesimo principio fisico, portarono all'idea di utilizzare fibre di vetro per guidare la luce e per trasmettere in modo guidato una intera immagine. Alcuni esperimenti condotti in tal senso da diversi ricercatori nei primi decenni del ventesimo secolo lasciarono ipotizzare l'impiego della luce persino nel campo delle telecomunicazioni. Lo stato dell'arte della tecnologia dei materiali, che presumibilmente potevano consentire queste applicazioni, non permetteva tuttavia ancora di raggiungere risultati tecnicamente apprezzabili nella trasmissione a lunghe distanze come avveniva invece per le comunicazioni via radio o via cavo. Per questo motivo, l'applicazione più immediatamente attuabile delle fibre ottiche sembrò quella della realizzazione di fasci di fibre per la trasmissione di immagini, finalizzati alla realizzazione di gastroscopi medici (gastroscopio a fibra ottica semi-flessibile brevettato da Basil Hirschowitz, C. Wilbur Peters e Lawrence E. Curtiss nel 1956). Dovettero trascorrere alcuni decenni perché si compissero passi determinanti nello studio delle fibre ottiche (purificazione e filatura del vetro) finalizzati all'impiego nelle telecomunicazioni.

Questi progressi e la necessità di avere sistemi di comunicazioni su lunga distanza affidabili e ad elevata capacità spinsero comunque verso l'impiego di portanti ottiche nelle telecomunicazioni. Ciò comportava la necessità di disporre di una sorgente di luce coerente, di mezzi di trasmissione e di ricevitori adeguati. Lo sviluppo delle tecnologie elettroniche nel campo dei semiconduttori facilitò l'invenzione dei primi laser a semiconduttore in GaAs (anni '60) e aprì la strada alla risoluzione del primo di questi problemi; quasi contemporaneamente ricercatori inglesi della Standard Telecomunication Laboratories, nel 1967, identificarono la

Figura 1: l'esperimento di John Tyndall.

Figura 2: la prima fibra ottica per telecomunicazioni fu inventata nel 1970 dai ricercatori Donald Keck Robert, D. Maurer, Peter Schultz (nella foto) e Frank Zimar impiegati presso l'azienda statunitense Corning Glass.

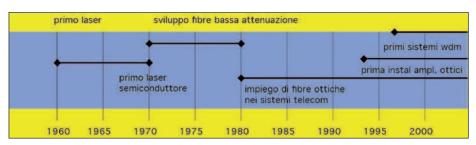



Figura 3: evoluzione dei sistemi di trasmissione su fibra ottica dall'origine ai giorni nostri.

TABELLA 1-CARATTERISTICHE DI TRASMISSIONE TIPICHE DELLE FIBRE OTTICHE

Finestra	Fibra	Lungh. d'onda	Banda passante
I	Multimodale	850 nm	150 MHz/Km
II	Multimodale	1300 nm	500 MHz/Km
II	Monomodale	1300 nm	1GHz/Km
III	Monomodale	1550 nm	100 GHz/Km

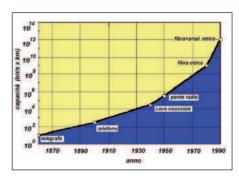



Figura 4: evoluzione della capacità trasmissiva dei mezzi di comunicazione.

causa principale delle elevate attenuazioni delle fibre ottiche nella mancanza di purezza del materiale utilizzato; dopo alcuni anni (inizio degli anni Settanta) la americana Corning Glass (New York) grazie ai ricercatori Robert D. Maurer, Donald Keck, Peter Schultz e Frank Zimar **(figura 2)**, realizzò vetri ad altissima trasparenza riuscendo a mettere a punto una fibra con 17 dB di attenuazione ottica per chilometro, drogando il silicio del vetro con il titanio. Fu il punto di svolta che aprì le porte alle applicazioni nel campo delle telecomunicazioni.
Già nella seconda metà degli anni 70 furono sviluppati i primi sistemi commerciali di comunicazione su fibra ottica, operanti intorno agli 800 nm ed impieganti laser a semiconduttore in GaAs i quali consentivano trasmissioni fino 45 Mb/s ed impiegavano ripetitori spaziati tra loro di una decina di chilometri circa. Si trattava della "prima generazione" di sistemi di telecomunicazione in fibra ottica. La "seconda generazione", operante a 1.3 μm, fu sviluppata per uso commerciale nei primi anni 80 e fu resa possibile dalla messa a punto dei laser a semiconduttore in InGaAsP. La messa a punto di single-mode fiber consentì di eliminare il problema della dispersione modale e di metter a punto, prima della fine degli anni ottanta, sistemi con bitrate fino a 1.7 Gb/s con ripetitori distanziati anche 50km l'uno dall'altro.
La "terza generazione" di sistemi in fibra ottica che seguì fu basata su comunicazioni a 1.55 μm con perdite di circa 0,2 dB/km. I sistemi commerciali di terza generazione poterono in questo modo raggiungere capacità di 2.5 Gb/s, con ripetitori distanziati di oltre 100 km. L'invenzione dell'amplificatore ottico in fibra drogato con erbio, ad opera di David Payne dell'Università di Southampton, nel 1987,

TABELLA 2-APPLICAZIONI DELLE FIBRE OTTICHE

Campo Applicativo	Applicazione
Medicina	trasporto immagini (diagnostica: endoscopie,...), trasporto luce (interventi chirurgici, ...); trasporto radiazione (laser-bisturi, scioglimento placche delle arterie,...);
Industria	trasporto radiazione (tagliare, saldare, perforare,...);
Fotonica e Ricerca	amplificazione radiazione (Amplificatori ottici a fibra attiva), trasporto radiazione ed impieghi particolari (calcolatore ottico);
Telecomunicazioni	trasporto radiazione ed amplificazione (fibre drogate all'erbio).

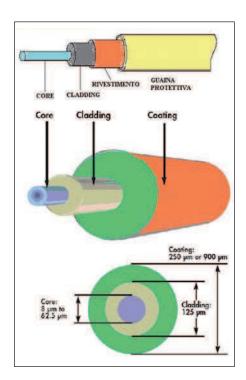



Figura 5: struttura generale di una fibra ottica [8].

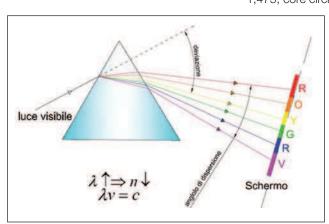



Figura 6: prisma ottico (a lunghezza d'onda maggiore corrisponde indice di rifrazione minore).

fu il successivo punto di svolta in quanto consentì l'amplificazione dei segnali ottici senza l' impiego dei ripetitori ottico-elettrico-ottico. Lo sviluppo delle tecniche di Wavelength Division Multiplexing (WDM) ha quindi consento di aumentare la capacità di trasmissione dei sistemi in fibra ottica tanto da far parlare di sistemi di trasmissione in fibra di quarta generazione. Nei primi anni del nuovo millennio è stato possibile raggiungere e superare capacità di 10 Tb/s con distanze di trasmissione di oltre 150 km senza rigenerazione ottico-elettrico-ottico (**figura 3** e **figura 4**).

STRUTTURA FISICA DI UNA FIBRA OTTICA

Le fibre ottiche sono strutture cilindriche concentriche che esternamente appaiono simili a cavi e che internamente sono costituiti da filamenti di materiali vetrosi (silice) o polimerici in grado di trasmettere segnali nel campo ottico. Il nucleo (core) presenta un indice di rifrazione maggiore di quello del mantello (cladding) che lo avvolge **(figura 5)**. L'intera struttura è avvolta in una guaina protettiva che ne assicura l'isolamento e la protezione. Per la costruzione di fibre in silice si impiega silice ultrapura, ottenuta dalla reazione fra il tetracloruro di silicio e l'ossigeno. Il vetro, infatti, se stirato a dimensioni micrometriche, perde la sua caratteristica di fragilità e diventa un filo flessibile e robusto. Il core presenta un diametro di circa 10 μm per le fibre monomodali e 50 μm per le multimodali, mentre il cladding presenta un diametro tipico di 125 μm. I due strati presentano indice di rifrazione diverso (cladding tipicamente 1,475, core circa 1,5). Esistono anche fibre realizzate in materiale plastico polimerico che rispetto alle fibre ottiche realizzate in vetro presentano:

- diametro del core più grande (1 mm);
- elevata facilità delle operazioni di posa;
- maggiore resistenza meccanica;
- maggiore attenuazione;
- scarsa resistenza termica;
- minore fragilità;
- maggiore apertura numerica.

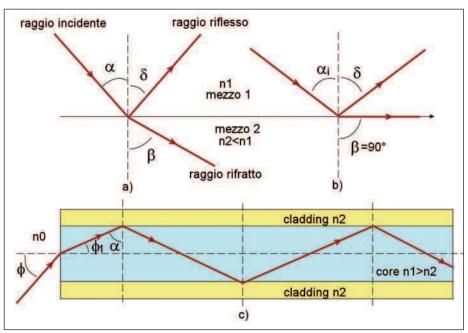
Queste caratteristiche fanno si che questo tipo di fibre sia utilizzato soprattutto su piccole distanze (Profibus, Profinet, applicazioni automotive, in illuminotecnica e in medicina).

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Tutti i fenomeni luminosi trovano rigorosa spiegazione fisica e matematica nella teoria elettromagnetica della luce. La trattazione dei modi di propagazione all'interno di una fibra ottica comporta la risoluzione di equazioni piuttosto complicate in coordinate cilindriche, tuttavia in maniera semplificata è possibile sfruttare una descrizione basata sull'ottica geometrica e affermare che in una fibra ottica si sfrutta il fenomeno di riflessione totale interna; in pratica la discontinuità dell'indice di rifrazione tra nucleo e mantello intrappola la radiazione luminosa, se questa mantiene un angolo di incidenza abbastanza radente e quindi se la stessa fibra non viene curvata eccessivamente. In conclusione, una fibra ottica è un particolare tipo di guide d'onda. L'indice di rifrazione (n-densità elettro-ottica) di un materiale è un parametro macroscopico che rappresenta il fattore per cui la velocità di propagazione di una radiazione elettromagnetica viene rallentata ($n = c / v$; c=300000Km/s) rispetto alla velocità del vuoto e che dipende dalla frequenza della radiazione. Infatti, come è noto, un fascio di luce solare, dopo aver attraversato un prisma di vetro, viene scomposto in una serie di colori in quanto le componenti a diversa lunghezza d'onda, che costituiscono il fascio di luce bianca, subiscono una rifrazione diversa e *si propagano nel mezzo con velocità diverse corrispondenti ad indici di rifrazione diversi* **(figura 6)**. La fibra ottica funziona come una sorta di specchio tubolare per la radiazione guidata: la luce che entra nel core si propaga mediante una serie di riflessioni alla superficie di separazione tra core e cladding. In altre parole si tratta di guide d'onda dielettriche circolari che guidano, al loro interno, un campo elettromagnetico di frequenza sufficientemente alta (in genere in prossimità dell'infrarosso) con perdite estremamente limitate. Da un punto di vista dell'ottica geometrica, un raggio che incide sulla superficie di separazione core-cladding con un angolo *superiore* all'angolo critico di riflessione totale rimane intrappolato nel nucleo; uno che incide con un angolo *infer*iore all'angolo critico viene invece rifratto nel mantello e quindi perso (**figura 6** e **figura 7**). L'angolo con cui il raggio incidente viene riflesso (angolo di riflessione) è sempre uguale all'angolo di incidenza, mentre l'angolo di rifrazione è regolato dalla legge di Snell (o legge dei seni):

$$n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta$$

Con riferimento alla **figura 7** ed alla **figura 8**, supposto $n_2 < n_1$, β aumenta al crescere di α sino ad arrivare alla condizione β =

Figura 7: riflessione e rifrazione di un raggio di luce alla superficie di separazione tra due mezzi (a); riflessione totale interna (b); Riflessione totale interna in una fibra ottica step-index (c).

$\pi/2$, (assenza di raggio rifratto). In questa situazione si ha *riflessione totale*. L'angolo di incidenza oltre il quale si ha assenza di rifrazione è allora $a_L = \arcsin(n_2/n_1)$ ed è detto *angolo critico* o *limite*.
Da un punto di vista macroscopico, pertanto, la trasmissione di luce in una fibra si basa su questo fenomeno (TIR-riflessione totale interna) per ottenere il quale le fibre ottiche di comune utilizzo in vetro, presentano valori tipici degli indici di rifrazione pari rispettivamente a n2=1,475 (cladding) ed n1=1,5 (core), da cui angolo critico di α=79.5°. Per modificare l'indice di rifrazione si usano opportuni droganti (nel caso della silice GeO_2 e P_2O_5 per ottenere un incremento, B_2O_3 e SiF_4 per ottenere un decremento). Affinchè il raggio incida sulla discontinuità core-cladding con angolo maggiore di quello critico, è necessario che venga introdotto ad una estremità della fibra entro un certo angolo di accettazione che deriva anch'esso dalla legge di Snell. Se l'incidenza sulla superficie di separazione core-cladding avviene con angolo inferiore a quello critico, a causa della rifrazione non potrà propagarsi lungo la fibra ma si perderà nel mantello. Il mantello (*buffer*) deve in ogni caso avere uno spessore maggiore della lunghezza di smorzamento dell'onda evanescente, in modo da catturare la luce che non viene riflessa nel core. La grandezza $NA = (n_2^2 - n_1^2)^{1/2}$ è definita apertura numerica e il suo valore varia in genere tra 0,1 e 0,3. Maggiore risulta l'angolo di accettazione maggiore è l'apertura numerica (NA) della fibra e quindi la quantità di luce che si riesce ad introdurre e mantenere confinata nel core.

FIBRE STEP INDEX E GRADED INDEX, MONOMODALI E MULTIMODALI

Le fibre possono essere suddivise in fibre *step index* e *graded index*. Mentre le prime presentano indice di rifrazione costante lungo la sezione del *core* e che

PER *approfondire...*

- [1] La Fibra ottica e le sue applicazioni (Gli elettrici News- N. 16 - Ottobre 2002);
- [2] Cavi a Fibre Ottiche (www.cavicel.com);
- [3] Networking solution (Sistel srl);
- [4] Le Opzioni per i Sistemi di Cablaggio in Fibra Ottica (Versione 1.0 – IT / 12.02.02 Wolfgang Rieger, Hans-Jürgen Niethammer, Gianluca Musetti)-Tyco Electronics;
- [5] Comunicazioni in fibra ottica (http://wikipedia.it);
- [6] Fibra ottica (http://wikipedia.it);
- [7] Fibre ottiche polimeriche (http://wikipedia.it);
- [8] Trasmissione In Fibra Ottica (Siemon Company);
- [9] Optoelectronics, An Introduction-Cap. 8, Fiber Optical Waveguides;
- [10] Optoelectronics, An Introduction-Cap. 9, Optical Communication Systems (J. Wilson, J.F.B. Hawkes-Prentice/Hall International).

TABELLA 3-ATTENUAZIONE E LARGHEZZA DI BANDA PER CAVI IN FIBRA OTTICA [3]

Tipo di Fibra	Attenuazione a 850 nm [dB/km]	Attenuazione a 1300 nm [dB/km]	Banda a 850 nm [MHz*km]	Banda a 1300 nm [MHz*km]
62.5/125 µm	< 3.5	< 1.5	200	500
50/125 µm	< 3.5	< 1.5	500	500

cambia bruscamente nel passaggio nel cladding, le fibre graded index presentano indice di rifrazione variabile gradualmente man mano che si passa dal core al cladding. Nelle fibre *monomodali,* che presentano diametro del core più contenuti (tipicamente compresi tra 8 µm e 10 µm), si ha propagazione di luce secondo un solo modo mentre in quelle *multimodali* (diametro tipici del core 50 µm e 62.5 µm) vi è propagazione di più modi. Monomodalità significa che il raggio può propagarsi in un solo modo quasi parallelamente all'asse della fibra a causa del diametro molto piccolo del core. I modi di basso ordine corrispondono a raggi inviati in fibra con un piccolo angolo rispetto all'angolo di accettazione mentre i modi di alto ordine corrispondono a raggi con angolo prossimo a quello di accettazione. Di conseguenza, le fibre che consentono la propagazione di più modi al loro interno, sono dette multimodali (MMF), mentre quelle che consentono la propagazione di un unico modo sono dette monomodali (SMF); per realizzare una fibra SM si riducono le dimensioni del nucleo e l'apertura numerica NA. La seguente relazione indica il massimo valore del diametro del core che consente di avere propagazione monomodale:

Figura 8: riflessione e rifrazione per diversi angoli di incidenza.

$$d \cong 0.76 * \lambda / NA$$

(λ lunghezza d'onda della radiazione utilizzata; NA apertura numerica)

Le fibre monomodali sono utilizzate nelle telecomunicazioni grazie soprattutto all'assenza di dispersione modale, sebbene comportino problemi di connessione a causa del piccolissimo diametro del core (perdite per disallineamento). Il numero di modi di propagazione M per una fibra multimodale si può valutare con la seguente formula approssimata, valida per M >> 1:

$$M \cong 0.5 * (\pi * d * NA / \lambda)^2$$

(d: diametro del core; l:lunghezza d'onda della radiazione utilizzata; NA: apertura numerica della fibra). Il numero di modi che possono propagarsi in una fibra è quindi tanto più grande quanto maggiore risulta il cono di accettazione ed il diametro del nucleo. Per questo motivo le fibre ottiche monomodali hanno il diametro del core fortemente ridotto per consentire la propagazione di un solo modo (una sola configurazione di campo) da cui il vantaggio, rispetto alle multimodali, di assenza di dispersione modale. Anche per ciò che riguarda l'attenuazione, le fibre monomodali si mostrano migliori di quelle multimodali; essendo richiesta minore apertura numerica e un nucleo più piccolo, occorre un drogaggio minore degli strati interni, aspetto da cui scaturiscono minori perdite. Le fibre multimodali da *50/125µm* (il primo numero indica il diametro del core in micrometri, il secondo quello del

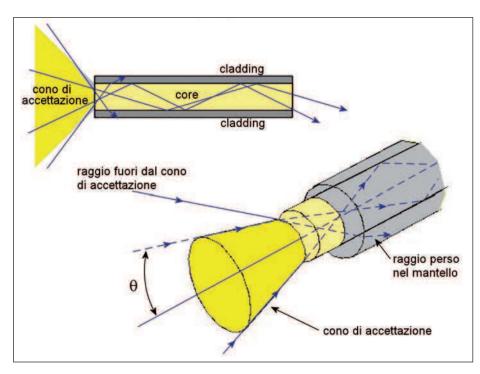



Figura 9: riflessione totale interna e rifrazione esterna per due fasci luminosi in una fibra ottica step-index.

cladding) e *62,5/125μm* vengono normalmente impiegate per applicazioni di comunicazione dati LAN in edifici o tra siti (distanze ridotte, tipicamente fino a 2 km) mentre le fibre monomodali con nuclei di dimensioni ridotte (*9/125 μm*) sono generalmente impiegate per applicazioni su lunghe distanze (figura 11). Occorre non fare confusione tra monomodalità e profilo dell'indice di rifrazione. Una fibra monomodale è generalmente step-index in quanto non necessita di profilo graduale per ridurre la dispersione modale ma non necessariamente una fibra step-index è monomodale, analogamente le fibre multimodali sono generalmente ad indice graduale ma le due caratteristiche non sono biunivoche.

FINESTRE DI UTILIZZO

Le lunghezze d'onda impiegate nelle comunicazioni ottiche su fibre di vetro sono quelle del vicino infrarosso (le radiazioni visibili vanno dai 380 nm del violetto ai 750 nm del rosso-**figura 12**). La necessità che la trasmissione del segnale sia ottimizzata sia in relazione alle caratteristiche delle fibre che in relazione ai trasmettitori e ricevitori ha portato ad individuare tre principali intervalli di lunghezze d'onda di impiego dette *finestre ottiche,* centrate rispettivamente alle lunghezze d'onda 850, 1300, 1550 nm e corrispondenti a punti di minimo (relativo o assoluto) dell'attenuazione ed a prestazioni e costi progressivamente maggiori **(figura 13)**:

- "prima finestra": 850 nm, usata soprattutto con economici laser a diodo con luce multimodale per la realizzazione di collegamenti fino a 275 m su fibre 62.5/125 e 550 m su fibre 50/125;
- "seconda finestra": 1310 nm, usata con laser multimodali o monomodali per la realizzazione di collegamenti di 5–10 km su fibre monomodali;
- "terza finestra": 1550 nm, usata con laser monomodali per la realizzazione di distanze maggiori, compresi collegamenti

Tecniche di produzione delle fibre ottiche

Per ottenere fibre ottiche in silice con basse perdite è necessario impiegare vetri di purezza elevatissima in cui siano assenti ioni dei metalli di transizione e ossidrili; per lo stesso motivo è importante che il processo di fabbricazione sia immune da contaminazioni. Di conseguenza, si usano crogioli di quarzo che vengono collocati in un forno. Per produrre fibre ottiche è possibile seguire due strade alternative:

- **Filatura diretta;**
- **Filatura da una preforma;**

La filatura (figura 23) diretta impiega il metodo del doppio crogiolo oppure il metodo rode in tube (figura 21). Il primo consiste nell'utilizzare un crogiolo cilindrico interno contenente il vetro del core, inserito a sua volta all'interno di un secondo crogiolo concentrico di diametro maggiore, contenente il vetro del cladding. Entrambi i crogioli sono forati in corrispondenza della loro base in modo da consentire il tiraggio della fibra dal fuso. Nel metodo rode in tube, invece, un'asta costituita dal vetro del core è posta dentro un tubo costituito dal vetro del cladding, facendo in modo di ottenere una perfetta adesione. L'estremità di questo assieme viene sottoposta a riscaldamento; entrambi i vetri rammolliscono e la fibra viene tirata. Molte fibre ottiche possono anche essere fabbricate a partire da preforme secondo i seguenti step:

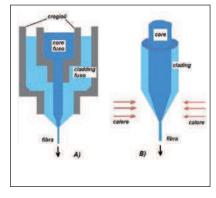



Figura 21: metodi di filatura delle fibre ottiche (a-doppio crogiolo; b-rode in tube).

1. fabbricazione della preforma;
2. filatura della fibra dalla preforma;
3. processo di rivestimento e di jacketing;
4. test della fibra.

Le preforme sono fabbricate usando i metodi di deposizione chimica da fase vapore (MCVD- Deposizione chimica di vapori modificata, PMCVD-Deposizione chimica di vapori modificata da plasma, PCVD Deposizione chimica di vapori da plasma, OVD-Deposizione esterna di vapori, AVD-Deposizione assiale da fase vapore). Il processo di filatura trasforma la preforma (diametro di parecchi centimetri) in lunghe fibre (diametro 125 μm). Sempre durante la filatura, la fibra viene rivestita con materiali polimerici per proteggerla da agenti esterni e irrobustirla meccanicamente. Un primo rivestimento protettivo polimerico detto buffer (60 μm di spessore) protegge direttamente la fibra mentre un rivestimento polimerico più esterno detto jacket è applicato per portare il diametro della fibra protetta ad un valore pari a 250μm. I cavi in fibra ottica possono essere costruiti con caratteristiche diverse. In funzione delle specifiche esigenze di impiego possono variare i rivestimenti, gli elementi di rinforzo e le pro-

di 100 km (attenuazioni dell'ordine degli 0,2-0,25 dB/km).
Le fibre multimodali (50/125, 62.5/125) presentano attenuazioni tipiche inferiori a 3,5dB/km in prima finestra ed inferiori ad 1 dB/km in seconda finestra. Le fibre monomodali (10/125) presentano attenuazioni inferiori a 0,5 dB/Km in seconda finestra ed inferiori 0,2 dB/Km in terza finestra **(figura 13)**. La prima finestra venne utilizzata inizialmente data la possibilità di reperire più facilmente sorgenti e rivelatori; attualmente le finestre più utilizzate sono la 2ª e la 3ª. Le finestre corrispondono a tre tipi di utilizzazioni diverse: per la prima si usano solo led comuni, per la seconda led comuni e laser, per la terza solo laser. Oltre alle tre finestre principali (850, 1300, 1550 nm) si definiscono la banda L o 4ª finestra (1570-1610 nm) e la banda C o 5ª finestra (1530 -1565 nm). In **tabella 1** sono riassunte le bande di impiego delle fibre ottiche e le relative bande passanti.

DISPERSIONE ED ATTENUAZIONE

Lavorando con fenomeni fisici ad elevatissima frequenza (le onde luminose) sarebbero idealmente possibili velocità di trasmissione molto elevate. In pratica intervengono fattori fisici di dispersione ed attenuazione che limitano la banda di trasmissione **(tabella 1)** possibile in una fibra ottica.

DISPERSIONE

Dispersione modale: poichè il raggio luminoso viaggia nella fibra secondo un numero finito di modi, accade che alcuni di questi giungano più velocemente di altri a destinazione. Per questo motivo la forma del segnale trasmesso si dilata lungo i percorso tanto che se il bit-rate è troppo alto può accadere che un impulso arrivi a confondersi con quello seguente dando origine alla cosiddetta interferenza intersimbolica. In maniera intuitiva è possibile dire che raggi luminosi, anche con stessa lunghezza d'onda, iniettati nella fibra con diverso angolo d'incidenza (inferiore all'angolo di accettazione) si propagano con stessa velocità ma lungo percorsi a zig-zag di diversa lunghezza, giungendo, di conseguenza, al ricevitore in istanti differenti e dando origine, quindi, ad un allargamento temporale dell'impulso luminoso **(figura 14)**. A questo inconveniente esistono fisicamente due possibili soluzioni: la prima è quella di utilizzare fibre multimodali 'graded index', la seconda è quella di utilizzare fibre monomodali. In una fibra ad indice graduale, infatti, i raggi che si avvicinano al cladding, attraversano un mezzo che presenta un indice di rifrazione via via decrescente e presentano quindi velocità mediamente più alta rispetto ai raggi che compiono un percorso più breve. Questo accorgimento costruttivo fa si che tutti i raggi dell'impulso di luce giungano quasi contemporaneamente al ricevitore limitando l'effetto della dispersione modale. Il fenomeno può essere in ogni caso ridotto nelle fibre con indice a gradino diminuendo

tezioni esterne. Generalmente, prima di essere assemblate nel cavo, le fibre vengono rivestite in tre differenti strutture: struttura aderente (tight) struttura lasca (loose) e struttura a nastro (ribbon). Per sopportare gli sforzi di tiro possono essere utilizzati diversi elementi di trazione, come filati aramidici o tondini di vetro/poliestere. I cavi possono inoltre essere rinforzati (figura 22) da armature metalliche (treccia di acciaio zincato, spirale di fili di acciaio zincato, nastri di acciaio corrugati) o dielettriche per aumentare la resistenza meccanica

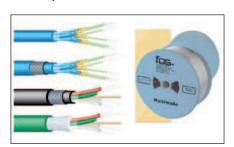



Figura 22: in commercio esistono diversi tipi di cavi in fibra ottica, sia per il numero di fibre contenute che per il tipo di protezione esterna rinforzata (es. treccia in acciaio zincato) o non rinforzata [2]

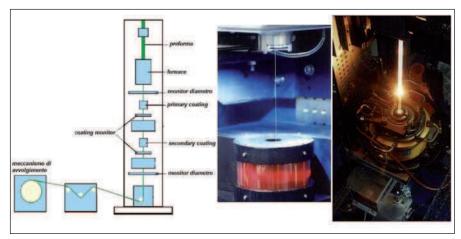



Figura 23: fase di filatura della fibra e avvolgimento su bobina.

alla trazione ed allo schiacciamento o per conferire loro sufficiente resistenza all'attacco di roditori. In funzione delle condizioni di impiego, la guaina esterna può essere realizzata in PVC, per impieghi generali, PE se è richiesta un'ottima resistenza all'acqua, poliuretano, quando il cavo deve essere installato in condizioni gravose ed è richiesta un'ottima resistenza all'abrasione, M1 quando sono richieste caratteristiche antifiamma, assenza di alogeni e bassa emissione di fumi in caso di incendio. I cavi devono, inoltre, rispettare misure di attenuazione, di retrodiffusione (OTDR), di resistenza alla trazione, all'abrasione, allo schiacciamento, di tenuta all'acqua, alla torsione ed alla piegatura.

Figura 10: evidenza delle proprietà guidanti delle fibre ottiche.

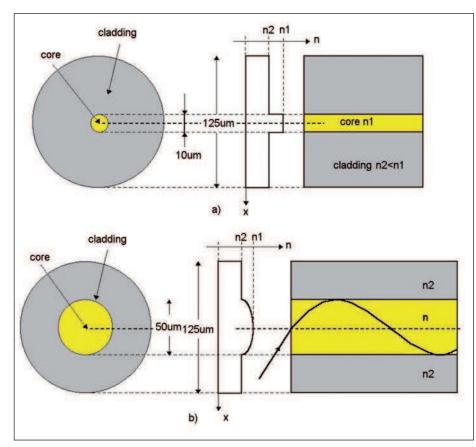
Figura 11: profilo di indice di una fibra Step-index e di una fibra Graded-index.

l'apertura numerica NA, in modo che solo modi di basso ordine (o al limite un solo modo) possano propagarsi.
Dispersione cromatica: poichè la luce trasmessa non è in realtà composta da una singola riga spettrale ma piuttosto da un fascio di frequenze, ciascuna lunghezza d'onda viaggia lungo la fibra con velocità differente. Di conseguenza, un impulso luminoso, se il percorso è sufficientemente lungo, può arrivare a confondersi con quello seguente rendendo difficoltosa la decodifica del segnale. In questo caso il fenomeno può essere ridotto usando una sorgente con spettro di emissione stretto (laser). La dispersione in realtà è un problema solo per comunicazioni su lunghe distanze, perciò le fibre con indice graduale, più costose rispetto a quelle con indice a gradino, vengono utilizzate solo per questo tipo di applicazioni.
Per distanze minori di 500 metri e minori bande passanti invece, le fibre con indice a gradino, anche se multimodali, sono favorite per il loro basso costo e la maggiore facilità di accoppiamento.

TABELLA 4- DISTANZE MASSIME PER GIGABIT ETHERNET / 10 GIGABIT ETHERNET SU MMF [3]

Tipo di Fibra[Banda @850/1300 nm]	GBE		10GBE	
	1000BaseSX	1000BaseLX	10GBaseLX4	10GBaseSR
50/125 µm [500/500 MHz*km]	550 m	550 m	300 m	82 m
50/125 µm [400/500 MHz*km]	275 m	550 m	300 m	66 m
62,5/125 µm [200/600 MHz*km]	300 m	550 m	300 m	33 m
62,5/125 µm [200/500 MHz*km]	275 m	550 m	300 m	33 m
62,5/125 µm [160/500 MHz*km]	220 m	550 m	300 m	26 m

ATTENUAZIONE E PERDITE

L'attenuazione all'interno di una fibra ottica è essenzialmente dovuta ai seguenti fattori **(figura 15)**:

- assorbimento del materiale: è causato da impurità molecolari presenti all'interno del nucleo della fibra e dal processo di fabbricazione che porta inevitabilmente la fibra ad assorbire vapore acqueo, cui consegue, a causa dei gruppi OH, l'assorbimento e la perdita di potenza del segnale trasmesso a determinate lunghezze d'onda;
- scattering del materiale: è causato da impurità particellari all'interno del nucleo, da fluttuazioni di temperatura e composizione che interrompono i cammini di riflessione dei raggi di luce (scattering di Rayleigh) e dalle irregolarità dell'interfaccia nucleo–mantello, che producono una trasmissione del segnale nel mantello e quindi una conseguente diminuzione di energia del raggio riflesso;
- curvature: possono causare attenuazione se raggiungono valori tali da far si che i raggi arrivino all'interfaccia core - cladding con un angolo minore rispetto all'angolo critico che garantisce la riflessione totale interna;
- perdite per diffrazione: si originano a causa dell'anisotropia e fluttuazioni di densità del mezzo;
- imperfezioni nella fabbricazione: particelle di polvere, microvuoti e fessurazioni paragonabile alla lunghezza d'onda interferiscono producendo fenomeni di diffrazione, assorbimento e di perdita del segnale.

La quantificazione di questi fenomeni è riassunta nell'attenuazione (che determina la massima distanza copribile tra trasmettitore e ricevitore senza che sia necessario l'impiego di ripetitori). L'attenuazione del segnale lungo la fibra può essere descritta dalla seguente equazione differenziale:

$$\frac{dP(z)}{dz} = -\alpha P(z) \Longrightarrow \alpha = -\frac{1}{L} 10 \log \frac{P(L)}{P(0)}$$

dove, P(z) indica la potenza di segnale su di una sezione trasversale del nucleo, α il coefficiente di attenuazione, normalmente espresso in dB/km, ed L la lunghezza della fibra.

L'attenuazione più bassa in fibre di silice è di circa 0,15 dB/Km (lunghezza d'onda di 1500 nm). Nella pratica tecnica, all'attenuazione propria della fibra va aggiunta quella introdotta da connettori (tipicamente 0,3-0,7 dB) e giunzioni (tipicamente 0,1-0,3 dB).

FENOMENI DI ATTENUAZIONE NON LINEARE

Nelle fibre, monomodali in particolare, se la potenza P(z) associata al segnale raggiunge valori elevati, tipicamente al di sopra di 0 dBm (1 mW), l'intensità del campo all'interno del nucleo può essere causa dell'insorgere di fenomeni non lineari che vedono il materiale assorbire alla lunghezza d'onda λ_0 di trasmissione ed emettere ad una nuova lunghezza d'onda, da cui un effetto di attenuazione del segnale. Un altro effetto non lineare è l'effetto Kerr dovuto al fatto che l'indice di rifrazione dipende dall'intensità del campo elettromagnetico associato al segnale (rifrazione non lineare), ovvero n = n(P).

FIBRE OTTICHE POLIMERICHE

Le fibre ottiche polimeriche (POF-Polymer Optical Fiber) sono fibre generalmente step-index multimodali, con un core di diametro dell'ordine di 1 millimetro, nettamente maggiore delle fibre in vetro. In sostanza, le POF sono un'alternativa alle fibre multimodali in vetro, a costi, sia realizzativi che di installazione, nettamente inferiori. Infatti, le POF rispetto alle fibre di silice (vetro) sono più flessibili e resistenti meccanicamente, permettono di ottenere raggi di curvatura più stretti (circa 1 cm) e sono più facili da terminare. In sostanza sono un'alternativa alle fibre multimodali in vetro. Quelle che (per ora) hanno una certa diffusione sono le cosiddette fibre "POF-PMMA" (polymethyl metacrylate). Il materiale plastico utilizzato per le PMMA ha attenuazione molto più alta delle fibre in vetro **(figura 16)**, e richiede di lavorare su altre finestre spettrali. La finestra più utilizzata è quella a 650 nm (visibile, rosso), dove l'attenuazione è dell'ordine di 140 dB/Km. Il minimo di attenuazione è attorno a 570 nm (visibile, verde), dove è dell'ordine di 100 dB/km (ma dove sono scarsamente disponibili LED commerciali). A causa del diametro (1 mm) e della geometria di tipo step-index, la dispersione modale è molto elevata. Si stima che in queste fibre si propaghino circa 2-3 milioni di modi. Le li-

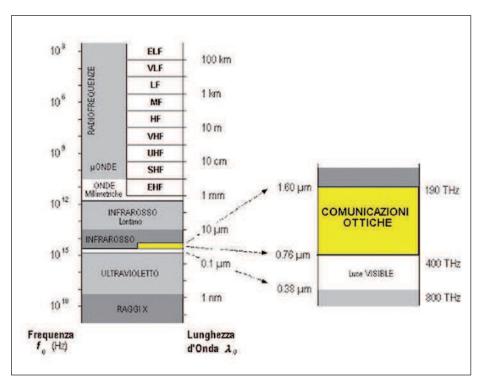



Figura 12: collocazione delle lunghezze d'onda delle comunicazioni ottiche all'interno dello spettro elettromagnetico.

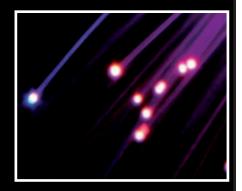
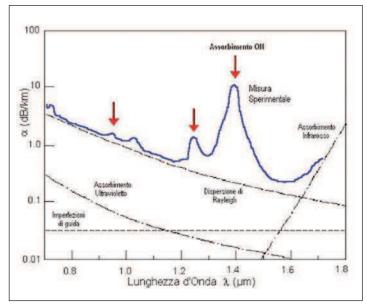



Figura 13: attenuazione nelle fibre ottiche.

mitazioni in termini di attenuazione e dispersione modale rendono queste fibre utilizzabili per applicazioni con distanze sino a 100 metri e bit-rate dell'ordine dei 10-100 Mbit/s. Le applicazioni tipiche sono: collegamenti ottiche su breve e brevissima distanza, automotive, applicazioni aerospaziali e navali, prodotti di elettronica di consumo (audio-video), applicazioni mediche, sensori. Molte attività di ricerca in merito sono rivolte allo studio di materiali con attenuazione inferiori (plastiche perfluorinate), possibilmente utilizzabili a 1300 nm che consentano di riutilizzare la componentistica per le fibre in vetro (LED e fotodiodi) ed alla realizzazione di fibre multimodo graded-index POF (GIPOF).

APPLICAZIONI

Trasmissione di segnali telefonici, comunicazioni internet e tv via cavo, sono tutte applicazioni oggi possibili su fibra ottica e che consentono di soppiantare il vecchio impiego di doppini in rame, soprattutto nelle applicazioni a lunga distanza, ad elevato carico e che necessitano di immunità nei confronti delle interferenze elettromagnetiche. Lo sviluppo di infrastrutture all'interno delle città e i costi di installazione hanno ritardato l'impiego e la diffusione, su larga scala, di sistemi di trasmissione in fibra ottica, confinandoli soprattutto verso impieghi su lunghe distanze, dove la massima capacità di trasmissione compensava ampiamente il maggior costo. Negli anni, i prezzi per le comunicazioni in fibra ottica sono diminuiti, tanto che oggi il prezzo necessario per predisporre fibre fino alle utenze civili è praticamente inferiore a quello necessario per i doppini in rame, se si esclude il fatto che la trasmissione in rame è in molti casi preesistente. Lo sviluppo di amplificatori ottici ha contribuito, inoltre, dal 1990 ad oggi, a creare una vasta rete di linee ottiche tra le città e sotto gli oceani. La tecnologia delle fibre ottiche, tuttavia, non deve essere pensata come utile solo nel campo delle telecomunicazioni **(tabella 2)**. Fibre ottiche con caratteristiche diverse possono essere utilizzate per il trasporto di immagini, per il trasporto di luce o per realizzare di diversi tipi di sensori in fibra. Le fibre ottiche per immagini, per esempio, sono formate da un insieme di fibre parallele che formano un cavo che ad una estremità è interfacciata con un CCD. Oltre alle fibre in silice, vengono utilizzate le fibre plastiche, caratterizzate da ottima flessibilità e la cui attenuazione sebbene alta, per piccole distanze non rappresenta un problema, soprattutto in applicazioni diverse da quelle per telecomunicazioni.

LE FIBRE OTTICHE NELLE TELECOMUNICAZIONI

Le fibre ottiche sono oggi componenti essenziali nell'industria delle telecomunicazioni in quanto presentano, rispetto ai cavi in rame, numerosi vantaggi:

TABELLA 5-CARATTERISTICHE MINIME RICHIESTE DALLO STANDARD ISO/IEC 11801 PER FIBRE MULTIMODALI 62,5/125 MM

Lunghezza d'onda (nm)	Attenuazione max(dB/Km)	Banda passante (MHz*Km)
850	3,5	200
1300	1,0	500

• bassa attenuazione (anche inferiore ad alcuni decimi di dB/km);
• non impiego di materiali conduttori ma trasporto di fotoni, da cui la totale immunità ai disturbi elettromagnetici;
• peso e ingombro ridotto;
• bassa potenza contenuta nei segnali;
• assenza di diafonia;
• bassi valori di BER.
• alta capacità trasmissiva;
• costi contenuti.

I sistemi di telecomunicazione in fibra ottica prevedono un trasmettitore che converte il segnale elettrico in segnale luminoso da inviare lungo la fibra, un cavo in fibra ottica, amplificatori e ricevitori ottici che riconvertono il segnale in elettrico **(figura 17)**. L'informazione trasmessa è tipicamente digitale. Una comunicazione in fibra ottica necessita pertanto di:

• creare il segnale ottico usando un trasmettitore;
• trasportare il segnale in fibra in modo che non diventi troppo debole o troppo distorto lungo il trasporto;
• ricevere il segnale ottico e convertirlo in un segnale elettrico.

Per questi motivi la sua affermazione in campo applicativo è da vedere congiuntamente allo sviluppo tecnologico di sorgenti, rivelatori ed amplificatori ottici. I trasmettitori usati sono LED (Light Emitting Diode), laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) e laser VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser). I primi producono luce incoerente, caratterizzata da una larghezza spettrale abbastanza elevata, dell'ordine dei 30-60 nm, inefficiente nell'accoppiamento con la fibra, mentre i secondi producono luce coerente. In ogni caso, sono trasmettitori ottici a semiconduttore compatti ed affidabili che possono essere modulati ad altissima frequenza. I Led per comunicazioni sono comunemente fatti in arseniuro di gallio fosfato (GaAsP1.3 µm) o arseniuro di gallio (GaAs0,81-0,87 µm); a causa dell'elevata larghezza spettrale comportano maggiore dispersione in fibra con conseguenti limiti sul prodotto distanza-bitrate. Per questo motivo i Led sono adatti soprattutto in applicazioni LAN, bitrate dell'ordine dei 10-100 Mb/s e distanze di trasmissione di pochi chilometri. Un laser a semiconduttore, invece, emette luce attraverso emissione stimolata e quindi di tipo coerente, consente potenze maggiori, è direzionale e consente, di conseguenza, un'elevata efficienza di accoppiamento (~50%), maggiore purezza spettrale e quindi bitrate più elevati grazie alla ridotta dispersione cromatica. I diodi laser, in alcuni casi, sono modulati direttamente attraverso la corrente di alimentazione del dispositivo ma per bitrate e distanze elevate la modulazione è affidata a modulatori ad elettroassorbimento o modulatori elettro-ottici. Le sorgenti funzionano generalmente secondo una modulazione del tipo OOK (On Off Keying, ossia "o tutto o niente"): trasmissione di una certa potenza ottica quando deve essere trasmesso un 1 e niente quando deve essere trasmesso uno 0. La trasmissione del segnale avviene, pertanto, per impulsi luminosi (fotoemettitore che trasforma gli impulsi elettrici al suo ingresso in impulsi ottici). Poiché la distanza di trasmissione di un sistema di comunicazione in fibra ottica è limitata dall'attenuazione e dalla distorsione è necessario utilizzare ripetitori elettro-ottici per trasmissioni a lunghe distanze. Questi ripetitori convertono il segnale ottico in elettrico, lo rigenerano, lo riconvertono in ottico e lo ritrasmettono. Un approccio alternativo è quello di eseguire l'amplificazione direttamente nel campo ottico, grazie ai cosiddetti amplificatori in fibra drogata, senza alcuna conversione. Questo approccio è certamente migliore, tanto che oggi gli amplificatori vanno sostanzialmente rimpiazzato i ripetitori. Negli ultimi anni, grazie alla tecnologia DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), segnali generati da sorgenti Laser diverse, sono accordate su differenti lunghezze d'onda adiacenti distanti meno di 1 nm e tutti i canali sono allocati nella medesima finestra di trasmissione. Ciò permette di affasciare decine e decine di lunghezze d'onda, cioè canali distinti, arrivando a capacità di trasmissione per fibra di oltre 1 Terabit/s. Varie società sono oggi dotate di reti capillari e proprietarie in fibra ottica (Autostrade S.p.A., che connette insegne luminose, telecamere, Telepass, la rete di ENEL per il controllo della domanda e offerta d'energia, RAI, operatori di telefonia mobile in quanto le celle e ripetitori sono collegati anche in fibra ottica). Va osservato che, in una fibra il segnale può transitare in una sola direzione per volta, la fibra è cioè un mezzo tipicamente monodirezionale. Questo comporta che un collegamento punto-punto bidirezionale tra due stazioni impiega due fibre, una per ciascuna direzione. I fattori che influenzano sia le distanze che la velocità di trasmissione sono il tipo di fibra, la sorgente ottica e l'impiego di tecniche di multiplazione. La fibra multimodale è generalmente utilizzata per distanze medio-brevi, con una transizione dalle 62.5/125 al-

Figura 14: effetto della dispersione modale [8].

Figura 15: fenomeni di assorbimento e scattering nelle fibre ottiche e perdite per effetto delle curvature [8].

Figura 16: tipica curva di attenuazione di una fibra POF-PMMA[2].

Figura 17: schematizzazione semplificata di una trasmissione in fibra ottica.

le 50/125, disponibili in diverse tipologie, anche in funzione della sorgente mentre la fibra monomodale è generalmente utilizzata per applicazioni a lunga distanza.

BILANCIO DI POTENZA (POWER BUDGET)

Trasmettitore e ricevitore sono normalmente caratterizzati, rispettivamente, da potenza trasmessa il primo, e sensibilità il secondo. La differenza tra le due costituisce il power budget (massima potenza che può essere dissipata dal collegamento). Per definire se un certo collegamento può funzionare o meno è necessario verificare che il link loss (perdita complessiva del collegamento), alla specifica lunghezza d'onda di trasmissione, sia inferiore al power budget (normalmente si lascia un margine di 3-6 dB per prevenire peggioramenti del collegamento dovuti a invecchiamento o a introduzione di sporcizia in seguito ad interventi di manutenzione). La misura sul campo, dell'attenuazione del segnale, è possibile attraverso strumenti denominati "power-meter".

CAVI IN FIBRA OTTICA

Le fibre ottiche usate attualmente presentano caratteristiche ormai standardizzate che corrispondono principalmente ai seguenti tipi:

- Multimodali (MM-Multimode) 50/125; 62,5/125; 100/140;
- Monomodali (SM-Single mode) 10/125 standard (SM standard); 9,5/125 a diametro di modo ridotto (SM reduced); 8,1/125 a dispersione spostata (SM dispersion).

Le fibre 100/140 sono state impiegate in passato per i vantaggi che scaturivano dal maggiore diametro ai fini della giunzione e connettorizzazione ma oggi sono utilizzate solo per compatibilità con alcuni vecchi apparati.

L'orientamento é per l'utilizzo delle fibre SM nelle reti pubbliche e delle MM 62,5/125 e 50/125 in quelle private. Ad un sistema di trasmissione si associa spesso un prodotto Bitrate-Distanza, espresso in MHz×km. Se, per esempio, una fibra presenta un prodotto bitrate-distanza di 500 MHz×km può trasportare un segnale a 500 MHz per 1 km ma anche un segnale a 1GHz per 0,5 km.

Riassumendo, i principali parametri caratteristici di un cavo in fibra ottica sono:

1. numero di fibre;
2. tipo di trasmissione: monomodale o multimodale;
3. struttura del cavo: "Tight" o "Loose";
4. tipo di rivestimento: per interni, per esterno, armato, stagno;
5. connettori da utilizzare.

Considerazioni analoghe valgono per cassetti ottici, e bretelle bifibra di permutazione.

CABLAGGIO STRUTTURATO, GIUNZIONI E CONNETTORIZZAZIONI

Due tratti di fibra ottica dello stesso tipo possono essere giuntati per fusione mediante apparecchiature che allineano automaticamente i cladding e core introducendo ridotte attenuazioni. Da un punto di vista pratico un collegamento bidi-

Figura 18: tipi di connettori per fibre ottiche [3].

Figura 19: cavo multimonofibra e multifibra.

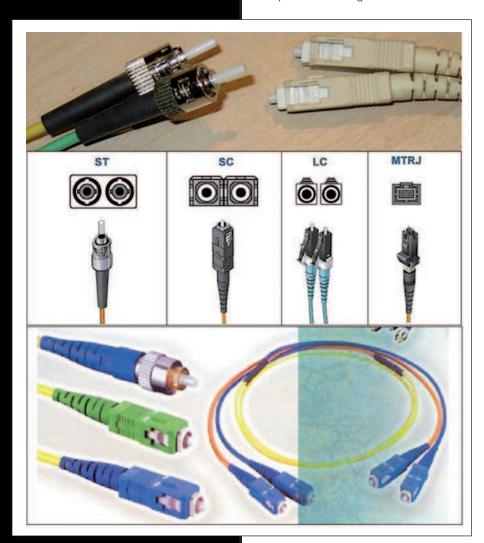
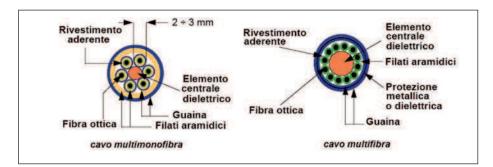



Figura 20: tipica visualizzazione a monitor di un test su fibra ottica effettuato attraverso un OTDR.

rezionale è realizzato utilizzando una fibra per ciascuna delle due direzioni. La connessione agli apparati di telecomunicazione è realizzata mediante connettori che allineano meccanicamente il core della fibra con il laser trasmettitore o con il fotorilevatore del ricevitore. Un connettore comporta una attenuazione di circa 0,5 dB e introduce sensibilità alla polvere, motivo per cui i connettori stessi ed i cavi inutilizzati vengono normalmente coperti. Esistono diversi tipi di connettori (figura 18) che vanno sotto le sigle SC, LC (in plastica, quadrati), ST (in metallo, tondi, con innesto a baionetta), FC (in metallo, tondi con innesto a vite), MTRJ (di forma simile all'SC, ma più larghi e schiacciati). Il cablaggio strutturato prevede che i cavi in fibra vengono attestati su appositi pannelli di permutazione e box ottici. Un collegamento comporta quindi, normalmente, l'uso di almeno due cavi di permuta (da ciascun apparato connesso al pannello di permutazione) e quindi in pratica di 4 connettori. I sistemi di Cablaggio in Fibra Ottica consentono la trasmissioni di dati su un unico cavo alla velocità di 10Mb (10Base FL), 100Mbit Ethernet (100Base FX), GigaBit Ethernet (1000Base-x) e 10-GigaBit Ethernet (10GBase-x). La norma ISO 11801 (**tabella 5** e **6**) stabilisce la lunghezza massima di una tratta di servizio in fibra multimodale. La **tabella 4** mostra la massima distanza raggiungibile da GigaBit Ethernet **e** 10GigaBit Ethernet su sistemi realizzati con MMF. Le fibre ottiche più usate oggi sono la G50/125 multimodale per la realizzazione di reti locali (LAN) e la E9/125 monomodale per applicazioni Telecom su reti geografiche o metropolitane (WAN e MAN). Le fibre ottiche all'interno di un cavo sono protette da ulteriori rivestimenti, che possono essere di tipo "Tight" o "Loose". Il rivestimento di protezione di tipo Tight viene detto anche "stretto" perché la fibra è fissata rigidamente al rivestimento secondario, mentre nel tipo Loose ("lasco"), le fibre vengono poste all'interno di un tubo rigido di materiale termoplastico di 2mm di diametro interno, il più delle volte immerse in una gelatina tamponante, che offre una migliore protezione nei confronti dell'umidità. Con le fibre contenute all'interno dei tubetti termoplastici, tipo Loose, si ottengono cavi con armature a dielettrico o in metallo o in PE (polietilene) con 2, 4, 6, 8, 12 e 24 fibre. I cavi in fibra ottica devono essere uniti attraverso connettori fatti confluire in cassetti ottici. Più in generale le fibre possono essere connesse in tre modi diversi: i loro estremi possono essere terminati in connettori e questi possono essere inseriti in apposite prese per fibre oppure possono essere unite meccanicamente (le due estremità una vicina all'altra in una manica speciale e strette insieme) oppure è possibile fondere due pezzi di fibra. All'atto pratico ci si limita ad effettuare giunture con apposite macchine giuntatrici. Cavi multimonofibra, multifibra **(figura 19)**, bretelle ottiche che impiegano cavi bifibra per realizzare le permutazioni tra gli apparati attivi ed i pannelli di terminazione, di tipo loose e slotted core sono tutti tipi di cavi impiegati nei sistemi di comunicazione a fibra ottica. Più fibre ottiche possono essere poste all'interno di un'unica guaina protettiva dando origine ad un cavo in fibra ottica.

TABELLA 6-CARATTERISTICHE MINIME RICHIESTE DALLO STANDARD TIA/EIA 568A PER FIBRE MULTIMODALI 62,5/125 MM

Lunghezza d'onda (nm)	Attenuazione max(dB/Km)	Banda passante (MHz*Km)
850	3,75	160
1300	1,5	500

CONCLUSIONI

In questo articolo si è cercato di trattare l'argomento delle fibre ottiche a trecentosessanta gradi. L'evoluzione storica degli studi che hanno portato alla loro realizzazione, i principi fisici su cui si basa il loro funzionamento, gli aspetti tecnologici e costruttivi e le applicazioni sono state esposte in maniera da fornire al lettore un sunto breve ma allo stesso tempo esaustivo sull'argomento. Ribadiamo che ancora oggi l'elaborazione del segnale avviene per via elettronica, sebbene la ricerca stia percorrendo strade che potrebbero portare, in tempi più o meno brevi, alla realizzazione di microprocessori ottici in cui l'elaborazione del segnale avvenga direttamente nel campo ottico. Questo consentirebbe, infatti, di aumentare enormemente la capacità computazionale dei sistemi informativi e di sfruttare maggiormente la capacità trasmissiva delle fibre ottiche la cui evoluzione è ancora in corso visto che la ricerca sta cercando di ridurre ulteriormente fattori come attenuazione, Polarization Mode Dispersion (PMD) ed effetti non lineari. Lo viluppo di fibre a cristallo fotonico rientra in questa evoluzione. ❑

CODICE MIP 2772464

di MARIA ROSA MALIZIA

DADO elettronico con porta parallela

Un buon esercizio per imparare l'uso della porta parallela del PC. Il dado viene pilotato mediante un software scritto in TurboC

A prima vista sembrerebbe impossibile realizzare un dado elettronico con la porta parallela ma in realtà l'hardware è di una semplicità disarmante. Il controllo del dado è affidato al software scritto in Turbo C e che comunica con la scheda attraverso la porta parallela per PC. Lo scopo di questo semplice progetto è quello di familiarizzare con la porta parallela sia dal punto di vista hardware che software, per poi creare progetti molto più complessi.

IL CIRCUITO

Il circuito è molto semplice ed è riportato in **figura 1**. Dalla parallela vengono prelevate quattro linee dati D0, D1, D2 e D3 che vengono bufferizzate mediante il 74HC244. Il pin 1 di questo integrato ha il compito di abilitare o meno le uscite dei singoli buffer a seconda che il suo valore logico sia rispettivamente 0 o 1. Come si vede dal circuito, tale pin viene collegato alla massa abilitando le uscite in modo permanente. Le resistenze hanno la funzione di limitare la corrente nei LED. Il valore di tali resistenze viene calcolato fissando la corrente I nei LED a circa 10mA e, assumendo che un LED acceso provochi una caduta di tensione Vled di 1,3V (valore tipico per i classici LED) la resistenza è data da:

$$R=(5- n \times Vled)/I$$

dove 5V è il valore di tensione corrispondente al livello logico 1 in uscita dal buffer ed n è il numero di LED pilotati. Nella realizzazione del circuito i sette LED andranno posizionati come mostrato in **figura 2**. Le sei combinazioni di un dado qualunque, riportate nella nostra configurazione dei Led sono riportate in **figura 3**. Gli stati possibili sono dunque quelli riassunti in tabella 1 in cui sono riportati anche gli stati delle uscite D0-D3.

IL SOFTWARE

Per pilotare le uscite della porta parallela usando il TurboC, si dovrà usare l'istruzione

```
outportb(0x378,dato);
```

Questa istruzione invia il numero contenuto nella variabile dato alla porta di indirizzo 378 esadecimale. Il valore della variabile "dato" dovrà essere espresso in decimale, sarà compito dell'istruzione *outportb* trasformarlo in binario.
Il listato completo è riportato nel **listato 1** e funziona perfettamente sotto Windows 95/98. La Borland ha messo il suo vecchio compilatore Turbo C per DOS a disposizione gratuita di chi lo vuole usare e potete scaricarlo dal sito della rivista. Si tratta di un compilatore ANSI C che va bene per lo sviluppo di piccole applicazioni come

Figura 1: schema elettrico del dado elettronico.

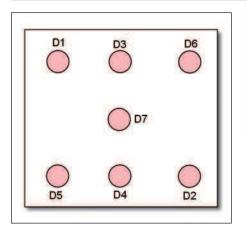



Figura 2: posizionamento dei diodi LED nella realizzazione del dado.

LISTA COMPONENTI

U1A	74HC244N
R1=R2=R3	220 Ohm ¼ W
R4	390 Ohm ¼ W
LED1=LED2=LED3=LED4=LED5=LED6=LED7	Diodi led rossi
Flat cable di circa 2 metri	
Connettore db25 maschio per circuito stampato	dsub25m
Connettore db25 maschio	

quelle trattate in questo articolo.
Per istallare questo compilatore, è sufficiente decomprimere il file `TC201_LP1.ZIP` nella cartella `C:\` (trascinandolo con il tasto destro del mouse nella cartella `C:\`), in modo che il file eseguibile principale (`TC.EXE`) abbia il percorso `C:\TC\TC.EXE` (e *non* `C:\TC\TC\TC.EXE` o `C:\TC201_LP1\TC\TC.EXE`).
Il compilatore va usato con il prompt dei comandi. I programmi eseguibili prodotti sono di tipo "console" (senza grafica). Aggiungiamo la directory `C:\TC` al path,

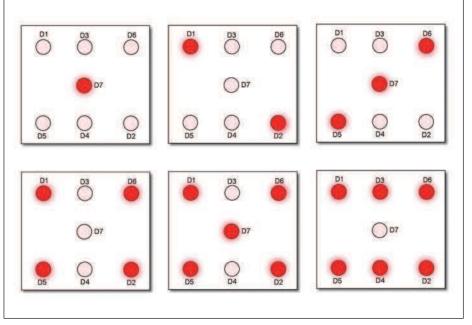



Figura 3: le combinazioni possibili del dado elettronico.

TABELLA 1: GLI STATI DEL DADO ELETTRONICO

Stato dado	Uscite porta parallela D3	D2	D1	D0	Led accesi	Numero decimale
1	1	0	0	0	L7	8
2	0	0	0	1	L1-L2	1
3	1	1	0	0	L5-L7-L6	12
4	0	1	0	1	L1-L2-L5-L6	5
5	1	1	0	1	L1-L2-L3-L4-L7	13
6	0	1	1	1	L1-L2-L3-L4-L5-L6	7

```
Turbo C++ IDE

*********************************************

  PROGRAMMA CHE ACCENDE UN DADO ELETTRONICO
  CON LA PORTA PARALLELA
  Autore Prof.ssa Malizia Maria Rosa

  e-mail mariarosa.malizia@alice.it

*********************************************


Che combinazione vuoi accendere?
Inserisci un numero da 1 a 6
3
Vuoi continuare?

Premi il tasto s per il si e il tasto n per il no
conferma= s

Che combinazione vuoi accendere?
Inserisci un numero da 1 a 6
6
Vuoi continuare?

Premi il tasto s per il si e il tasto n per il no
conferma= n

Il gioco è finito
Arrivederci
```

Figura 4: il programma in esecuzione in finestra DOS.

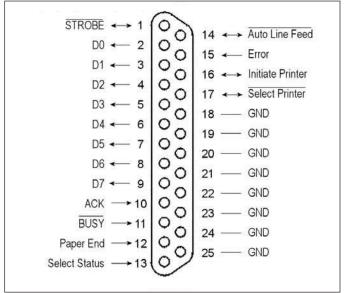



Figura 5: la pedinatura della porta parallela.

con un comando come

```
PATH=%PATH%;C:\TC
```

Sarà quindi possibile compilare un programma, in qualsiasi directory ci troviamo, digitando per esempio

```
TCC mioprog.c
```

Se tutto va bene, il compilatore produrrà un eseguibile di nome `mioprog.exe`, che possiamo eseguire digitandone il nome (anche senza l'estensione `.EXE`).

LA PORTA PARALLELA

La porta parallela (detta anche LPT, dall'inglese Line Printer, termine derivato da Line Printer Terminal) è un'interfaccia usata inizialmente per collegare un computer a una stampante o a un plotter e in seguito, nella versione bidirezionale, impiegata anche per altre periferiche tra le quali scanner, unità ZIP, hard disk, lettri di CD-ROM e webcam.
La porta è nata come unidirezionale (trasmissione dati dal computer alla periferica collegata) ma è stato sviluppato anche uno standard bidirezionale (IEEE 1284). La LPT consente il collegamento di diverse periferiche con possibilità di trasferire 8 bit in parallelo nello standard TTL. Sul computer la porta è un connettore femmina detto "a vaschetta" o DB25 con 25 pin. Sulle stampanti è presente un connettore diverso detto Centronics (dal nome del primo costruttore). La presenza di 8 fili di GND permette di creare una sufficiente schermatura (cavi intrecciati a coppie) dei segnali.
Nei computer IBM gli indirizzi riservati alle prime tre porte parallele (anche se nella maggior parte dei casi è presente un'unica porta) sono: LPT1 da 0x378 a 0x37f, LPT2 da 0x278 a 0x27f, LPT3 da 0x3bc a 0x3bf. Gli interrupt sono rispettivamente IRQ7, IRQ5 e IRQ7.

CONCLUSIONI

Una volta capito il funzionamento della porta parallela potete ampliare questo progetto e realizzare altri circuiti adatti ad esempio a pilotare luci o altri carichi con il PC. ❑

CODICE MIP 2770362

di ANTONIO GIANNICO

UN PICCOLO *laboratorio* con poca spesa

Il presente articolo rappresenta una breve guida per coloro che muovono i primi passi nell'affascinante mondo dell'elettronica e che non accontentandosi delle nozioni teoriche che trovano su testi e riviste decidono, finalmente, di attrezzare un piccolo laboratorio di elettronica personale grazie al quale poter fare le prime esperienze pratiche con circuiti elettronici e strumenti di misura

Sono passati ormai quasi venti anni da quando, affascinato da quanti, come radiotecnici e tecnici elettronici, svolgevano nei propri laboratori la loro professione, mi posi per la prima volta l'obiettivo di allestire un piccolo laboratorio hobbistico personale, all'interno del quale poter sperimentare, autonomamente, le prime nozioni di elettronica pratica. Allora, diversamente da oggi, reperire materiale e guide che consentissero di addentrarsi in questo mondo era certamente più difficoltoso. Infatti, Internet ancora non aveva la diffusione capillare che oggi ci appare ovvia e scontata e che ci permette di trovare in rete le informazioni più disparate.
Per questo motivo era necessario affidarsi a conoscenti o amici che già avevano competenze nel campo oppure collezionare, con grande pazienza e scrupolo, le riviste di elettronica che periodicamente, come accade oggi, era possibile trovare in edicola e che puntualmente riportavano contenuti sia teorici che pratici sulla realizzazione di circuiti di diversa complessità, da quelli di livello base, per appassionati alle prime armi, a quelli più sofisticati per utenti esperti e veri professionisti. Tali riviste erano e sono tuttora una vera miniera di idee che aiuta a vedere la materia da un punto di vista a volte più semplicistico rispetto a quanto non facciano testi specifici, ma non per questo di minor valore visto che consentono con più facilità di perseguire uno scopo didattico-pratico che diversamente sarebbe difficilmente raggiungibile per chi per la prima volta si avvicina a que-

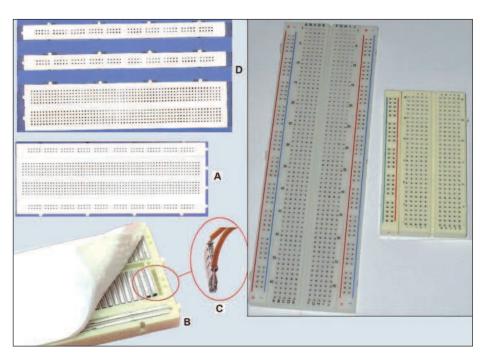



Figura 1: modelli di bread board e dettaglio dei collegamenti interni (B e C).

sto mondo. Per questo motivo, anche se nell'era di internet è possibile trovare molte informazioni direttamente on-line, sul web, a patto di essere veramente motivati e quindi dei bravi ricercatori di informazioni, ritengo che sia ancora molto utile diventare degli assidui lettori di alcune di queste riviste. Sicuramente vent'anni fa l'elettronica era abbastanza diversa da quella di oggi. Per rendersene conto è sufficiente pensare all'elettronica di un televisore di venti anni fa e confrontarla con quella di un televisore dei giorni nostri, ma la stessa cosa vale per qualunque altro apparecchio elettronico di consumo e non solo. All'epoca, apparecchiature e circuiti a logica programmabili erano poco diffusi ed era difficile trovare controllori, processori, FPGA su schede elettroniche con la facilità con cui invece si trovano oggi. Basterebbe sfogliare una rivista di elettronica di venti anni fa e subito dopo una dei giorni nostri per rendersi conto del salto generazionale avvenuto tra l'elettronica prevalentemente cablata di allora e quella prevalentemente programmata di oggi. Leggendo questa rivista sicuramente, in alcune sue pagine, avrete trovato pubbli-

cizzate schede e kit di sviluppo programmabili che riguardano microcontrollori dei più disparati, FPGA, plc embedded e persino computer embedded. Questo è sufficiente a comprendere come l'elettronica sia radicalmente cambiata e come difficilmente ormai sia possibile trovare dell'elettronica che non contenga del firmware (si pensi alle schede a microcontrollore appunto) o che non sia strettamente collegata ad un software (si pensi ai computer embedded).
Acquistare kit di sviluppo è sicuramente un modo efficace per avvicinarci al mondo dell'elettronica pratica, tuttavia nessun hobbista, per quanti kit di sviluppo possa avere a sua disposizione, potrà mai sentirsi veramente autonomo come elettronico e mai sarà un vero elettronico se non dispone almeno degli strumenti base che un tecnico elettronico dovrebbe possedere e se non impara ad utilizzarli correttamente ed in modo proficuo. Per questo motivo, il presente articolo vuole essere soprattutto un incoraggiamento a chi si sente affascinato da questo mondo e desidera allestire un piccolo laboratorio hobbistico. Saper realizzare piccoli circuiti prototipo, saperli testare o modificare, saper effettuare delle saldature, saper individuare i malfunzionamenti di questi circuiti e prima ancora saperli utilizzare correttamente e senza danneggiali sono tutte cose che si imparano con una breve esperienza di base. La prima regola è ovviamente quella di non avere timori e non pensare che allestire un piccolo laboratorio di questo tipo sia troppo complicato o costoso. La seconda è quella di non pensare, necessariamente e subito, a sofisticati circuiti con firmware e logica programmabile o a complicate applicazioni con Kit di sviluppo e PC embedded: l'arte dell'elettronica va appresa passo passo, con molta passione e molta pazienza acquisendo anche una certa manualità pratica sicuramente maggiore rispetto a quella che è normalmente richiesta a chi si occupa esclusivamente di software. In ogni caso, chi avrà modo di trasformare la passione per l'elettronica nel suo lavoro e nella sua professione si renderà presto conto di come elettronica e il software sono due mondi oggi molto più sovrapposti di quanto non lo fossero solo alcuni anni fa. Come avrete modo di intuire, l'argomento rischia di divenire oltremodo ampio; per questo motivo non sarà possibile esaminare nei minimi dettagli ciascuna osservazione o indicazione pratica che verrà data, tuttavia l'articolo è certamente un ottima guida per chi vuole farsi un'idea di come allestire un piccolo laboratorio minimale composto dagli strumenti minimi indispensabili per eseguire piccole esperienze di elettronica pratica.

Figura 2: struttura di una bread: board (fori e relative connessioni elettriche).

Figura 3: diversi tipi di piastre millefiori, con piazzole isolate tra loro o con piazzole in parte isolate tra loro ed in parte connesse.

PRIMI PASSI

Quando per la prima volta anni fa mi posi il problema di allestire un piccolo laboratorio hobbistico personale mi sentii a lungo scoraggiato sia per l'inesperienza in materia, sia per i costi che come studente, qual'ero all'epoca, pensavo di non essere in grado di sostenere, tuttavia aguzzando l'ingegno mi resi conto che un laboratorio minimale poteva essere allestito con relativa semplicità. Da un punto di vista didattico, infatti, chi si avvicina per la prima volta al mondo dell'elettronica non pretende di assemblare complicati circuiti fatti di centinaia di componenti ma piccoli circuiti composti di pochi componenti, per esempio piccoli circuiti contatori, piccoli circuiti digitali a transistor, piccoli amplificatori a transistor a singo-

lo stadio o a più stadi, piccoli generatori di forme d'onda realizzabili con pochi componenti, qualche piccolo amplificatore o preamplificatore audio, qualche circuito raddrizzatore a diodi, qualche piccolo circuito di alimentazione impiegante regolatori standard e così via. Si tratta di circuiti per la cui realizzazione a scopo didattico non è necessario realizzare dei circuiti stampati appositi, cosa che potrebbe scoraggiare chi è alle prime armi. Infatti è possibile impiegare delle bread-board e delle piastre millefiori facilmente reperibili nei negozi di elettronica o ordinabili attraverso distributori di componentistica elettrica ed elettronica come RS Components, Farnell, Distrelec e tanti altri. Ovviamente, se vi siete posti il problema di allestire un piccolo laboratorio hobbistico personale, si presuppone che abbiate nel vostro bagaglio un minimo di nozioni, per lo meno teoriche, di elettronica e che pertanto abbiate in mente qualche circuito o esperienza pratica da realizzare, magari scaturita dalla lettura della vostra rivista di elettronica preferita oppure da informazioni reperite navigando in rete sul web o ancora appresa tra i banchi di scuola se siete o siete stati studenti di un istituto tecnico. Per questo motivo si presuppone che conosciate, almeno sommariamente, come siano fatti i componenti elettronici fondamentali, come resistenze, condensatori, diodi, led, integrati, come sia fatto e come funzioni un transistor ed un amplificatore operazionale. Nel caso contrario probabilmente è opportuno colmare la lacuna, almeno nelle nozioni di base, prima di passare dalla teoria alla pratica. In molti casi è necessario accettare ed essere consapevoli del fatto che i primi circuiti che si realizzeranno non avranno un utilizzo pratico ed una utilità immediata, tuttavia consentiranno di verificare il funzionamento dei dispositivi elementari e dei circuiti integrati più semplici, di prendere dimestichezza con la materia e di rafforzare le proprie conoscenze teoriche. Questo è un motivo in più per lo sperimentatore per mettersi nelle condizioni di eseguire esperienze che non necessitino di un laboratorio eccessivamente attrezzato. Di seguito illustreremo i principali strumenti di cui è necessario disporre nel proprio laboratorio evidenziando come sia possibile reperirli a costi contenuti se si accetta di non pretendere necessariamente di strumenti di livello professionale.

Figura 4: tronchesini e terminazione scoperta di un filo rigido e di uno flessibile per circuiti elettronici.

Figura 5: alimentatori professionali (multiplo e singolo).

Figura 6: modello di alimentatore economico caratterizzato da uscita singola con range di tensione fino a 15V.

Figura 7: alimentatore elettrico universale con tensione di uscita selezionabile.

BREAD-BOARD E PIASTRE MILLEFIORI

Il primo problema che un hobbista di elettronica alle prime armi si pone è quello di come passare dal progetto su carta di un circuito elettronico alla sua realizzazione pratica. I circuiti più semplici, che come sperimentatori ed hobbisti di elettronica alle prime armi vi capiterà di realizzare, possono essere assemblati senza la necessità di realizzare dei circuiti stampati e senza la necessità di eseguire la saldatura ed il montaggio effettivo dei componenti sul PCB. Del resto, se vi cimentaste da subito, senza alcuna esperienza pregressa, nella realizzazione di circuiti stampati e nel montaggio dei componenti mediante saldatura, anche la realizzazione del circuito più semplice rischierebbe di rivelarsi un'odissea. Infatti, realizzare lo sviluppo a regola d'arte di un PCB artigianale richiede un po' di esperienza, così come realizzare delle buone saldature in fase di assemblaggio. L'impiego di una piastra per collegamenti senza saldature, comunemente detta bread-board **(figura 1)** consente di montare i primi circuiti senza particolari traumi. Infatti, una bread - board presenta tipicamente un'interasse tra i fori coincidente con la distanza tra i pin degli integrati DIP che possono quindi facilmente essere montati a bordo. Gli stesi fori risultano elettricamente collegati tra loro, come indicato in **figura 2**. Mentre i fori delle due aree centrali (E ed F) presentano connessioni nella direzione del lato corto della bread-board, quelli delle due aree laterali (A, B, C e D) presentano un collegamento nella direzione del lato lungo della stessa bread-board con una piccola interruzione nel punto di confine tra A e B e tra C e D rispettivamente (aree indicate con "W"). Le aree E ed F non sono, inoltre, elettricamente connesse tra loro. Questo consente di sfruttare la scal-

manatura centrale di separazione tra le due aree per il montaggio degli integrati DIP così come indicato nella stessa **figura 2**. Ovviamente, essendo la scalanatura centrale l'unica zona nella quale è possibile montare gli integrati, appare chiaro come il numero e la dimensione degli integrati che è possibile montare sia limitata dall'estensione della stessa scalanatura. I componenti generici (resistenze, condensatori, transistor, diodi, ecc...) diversi dagli integrati saranno montati nelle due aree E ed F, facendo attenzione a non inserire più pin dello stesso componente in fori della stessa riga verticale, pena la realizzazione di un corto-circuito. Normalmente, le connessioni dei fori appartenenti alle aree A, B, C e D, collegati lungo l'estensione in lunghezza della board, servono per realizzare delle linee di alimentazione e massa da distribuire ai componenti disseminati sull'area della board. Nel caso in cui questi ultimi occupino sia la parte di destra che quella di sinistra della board è opportuno, attraverso ponticelli filari esterni, realizzare una continuità elettrica tra i binari della zona A e quelli della zona B e tra quelli della zona C e quelli della zona A. La struttura elettrica della board consente di ridurre al minimo il numero di collegamenti filari che è necessario stabilire per completare l'insieme delle connessioni utili a realizzare un determinato circuito, una volta disposti opportunamente i componenti sulla board. Tali connessioni filari vanno realizzate inserendone le estremità negli appositi fori e vanno stabilite rispettando, preferibilmente, connessioni nella direzione di lunghezza della scheda (visto che quelle in larghezza sono già stabilite dalla struttura elettrica della scheda stessa) avendo cura di impiegare pezzi di filo, con relativa guaina, di piccolo spessore in modo da poter essere facilmente inseriti nei fori e di lunghezza pari all'effettiva distanza tra i fori da collegare, in modo da non ingenerare un eccessivo disordine nei collegamenti. Sotto ciascun reoforo è infatti presente un contatto a molla che consente l'attestazione del filo di collegamento o del pin del dispositivo e la connessione elettrica (**figura 1B** e **1C**). Un'attenzione particolare va posta anche verso le *piastre millefiori* **(figura 3)** che consentono di realizzare rapidamente,

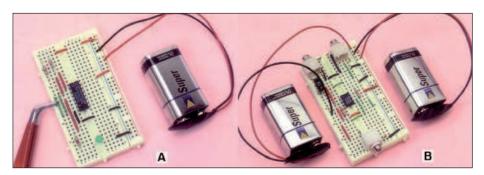



Figura 8: circuito su bread board alimentato da una comunissima pila da 9V (A); Bread board con alimentazione duale ottenuta mediante l'impiego di due identiche pile da 9V (B).

Figura 9: multimetro digitale (a sinistra) e multimetro analogico (a destra).

Figura 10: piccoli multimetri digitali economici.

con del filo elettrico isolato ed un saldatore, circuiti prototipo di complessità ovviamente non elevata e con una facilità solo di poco inferiore a quella che caratterizza l'uso delle bread-board. Si tratta di piastre forate a passo 2,54 mm (corrispondente quindi ancora una volta a quello dei circuiti integrati DIP). Ciascun foro è contornato da una piazzola in rame, le diverse piazzole, tutte o in parte, non sono collegate tra loro, pertanto l'utente potrà saldare tra loro le piazzole che ritiene opportuno, dopo aver piazzato i componenti, utilizzando del filo ed un saldatore fino a stabilire tutte le interconnessioni elettriche desiderate per la realizzazione del circuito. In generale si disporranno i componenti da un lato e si effettueranno le saldature dall'altro. Anche i fili a saldare, generalmente, saranno disposti dal lato opposto a quello dei componenti, in modo da effettuare più facilmente le saldature sui pin dei componenti e da dare un aspetto più ordinato alla stessa piastra. Per quanto riguarda i C.I. potrebbe essere opportuno impiegare degli zoccoli per il loro montaggio, specie se non si è ancora abbastanza esperti con il saldatore. Si eviterà

Figura 11: modello di saldatore con regolazione della temperatura.

in questo modo di tenere troppo a lungo la punta del saldatore in contatto con i pin dello stesso C.I. evitando di incorrere nel dubbio che il surriscaldamento dello stesso pin abbia potuto generare guasti nel C.I. Inoltre, operando in tal modo, sarà semplice, successivamente, rimuovere lo stesso chip dal suo zoccolo per poterlo utilizzare su di un'altra piastra millefiori per un nuovo esperimento oppure sostituirlo se danneggiato. Ovviamente, l'impiego delle piastre millefori introduce un grado di difficoltà ulteriore rispetto a quello di impiego di una bread board proprio perché necessità dell'impiego di un saldatore.

Figura 12: alcuni modelli di saldatori e aspira stagno.

In ogni caso è proprio nel passare dall'impiego della bread board a quello della piastra millefiori che è opportuno porsi l'obiettivo di imparare ad effettuare le saldature in maniera adeguata. La prima volta che utilizzate un saldatore cominciate con sciogliere dello stagno variando la temperatura dello stesso saldatore (se è un saldatore con la regolazione della temperatura) in modo da prendere dimestichezza con la regolazione migliore da effettuare, quindi provate a stagnare la parte terminale dei fili che utilizzerete per le interconnessioni. In questo modo comincerete a sentirvi più sicuri e potrete quindi passare all'impiego sulla piastra millefiori. Ritengo opportuno non dilungarmi su questi aspetti: in rete e sulle riviste di elettronica trovate numerosi tutorial sulle regole da seguire per effettuare delle saldature a regola d'arte; seguirli con attenzione ed esercitarsi porta ad acquisire la dimestichezza richiesta. L'impiego della piastra millefiori presenta il vantaggio che una saldatura fatta male potrà essere ripetuta spostando, eventualmente, il componente in un'altra zona e riprovando. La stesa cosa è ovviamente impossibile se operate dirtettamente su un circuito stampato. Più in generale, un circuito realizzato attraverso una piastra millefiori è aperto a modifiche in corso d'opera, attuabili in maniera piuttosto semplice, cosa quasi impossibile in un circuito che impieghi un PCB già sviluppato. Potere modificare, aggiungere e togliere connessioni, aggiungere e togliere componenti è un indubbio vantaggio. Del resto anche i tecnici professionisti usano spesso piastre di questo tipo nella realizzazione di piccoli prototipi che in quanto tali non seguiranno una produzione in serie ma che sono utili come preliminare alla realizzazione vera e propria del progetto finale di piccole parti circuitali dello stesso progetto. In questo caso l'impiego di piastre millefiori, con alcune aree costituite da piazzole disconnesse tra loro ed altre aree da piazzole interconnesse, consente di eseguire montaggi del tutto simili a quelli che si realizzano con le bread board, con l'unica differenza, ancora una volta, di dover eseguire delle saldature. Con alcune decine di euro potrete acquistare sia una breadboard che una piastra millefori di area non eccessiva.

CAVETTI, TRONCHESINO E PINZA

Sembrerà banale ma per poter eseguire i collegamenti su piastre millefiori e bread board è necessario disporre di cavetti di piccolo spessore. Reperire piccoli rocchetti di filo di questo tipo, in un qualunque negozio di elettronica, al costo di pochi euro o poche decine di ero non dovrebbe essere difficile. E' necessario, a tale proposito, distinguere i cavetti che all'interno presentano un anima composta da un solo filo e che appaiono più rigidi, maggiormente indicati per l'impiego con bread board e cavetti con un anima a più fili sottili e flessibili maggiormente indicati per i collegamenti su piastre millefiori. I primi è opportuno che siano di diametro compreso tra 0,3 e 0,8 millimetri. Se si impiega un filo di diametro inferiore diventa quasi impossibile sia l'inserimento della parte terminale del filo nel foro, a causa della scarsa rigidità meccanica del filo stesso, sia il contatto elettrico con la terminazione interna del reoforo, se invece si impiegano fili di diametro eccessivo si finisce per sforzare i contatti degli stessi reofori i quali perdendo la loro elasticità rimangono aperti e non garantiscono più il contatto elettrico nell'impiego con fili di minor sezione. Se utilizzate cavetti con un anima a più fili invece prestate attenzione, prima della saldatura, a spellare pochi millimetri di filo, ad attorcigliare quest'ultimo in modo che presenti una terminazione compatta e rigida e quindi provvedete a stagnarla utilizzando un saldatore. Questa operazione preliminare consentirà sia di saldare più facilmente l'estremità dello stesso cavetto sul reoforo della piastra millefiori sia di prendere dimestichezza con il saldatore. La disponibilità di una pinza per circuiti stampati vi consentirà sia di inserire facilmente i reofori dei cavi all'interno dei fori della piastra millefori o della bread board sia di maneggiare correttamente e facilmente gli stessi cavetti in occasione delle saldature da realizzare sulla stessa piastra millefori o sul PCB. In ogni caso,

Figura 13: realizzazione di un PCB (prodotti impiegati, esposizione, incisione chimica e foratura).

Figura 14: alcuni modelli di generatori di funzione professionali.

l'acquisto dei cavetti, del tronchesino e della pinza potrà essere fatto facilmente presso un qualunque negozio di elettronica con un costo che potrà oscillare da pochi euro a qualche decina di euro.

IL CODICE DEI COLORI PER LE RESISTENZE E I CODICI DEI CONDENSATORI

Uno dei problemi che l'hobbista alle prime armi si trova di fronte è quello di tradurre lo schema di un circuito in un prototipo reale. Questo comporta la necessità di conoscere i componenti e di leggere correttamente i valori di resistenza e capacità rispettivamente di resistori e condensatori. Nell'articolo "I resistori elettronici" contenuto nel numero 294/295 di Fare elettronica (ma anche in diversi tutorial disponibili in rete) è possibile trovare molte informazioni sulla lettura di questi

Figura15: modello di generatore di funzioni economico (assenza display e banda limitata a 2MHz).

codici. Dalla rete è inoltre possibile scaricare liberamente alcuni calcolatori dei codici delle resistenze. In ogni caso, disponendo di un multimetro che consenta sia la lettura di valori ohmici che capacitivi è possibile evitare di eseguire la decodifica direttamente.

L'ALIMENTATORE

L'alimentatore è uno di quei dispositivi che non può assolutamente mancare su qualunque banco di laboratorio elettronico. Ne esistono di diversi tipi e si differenziano sia per il range di tensione in uscita, sia per la massima corrente erogabile, ma anche per la caratteristica di essere alimentatori singoli, duali o multipli ed ovviamente e di conseguenza per i rispettivi costi. A seconda che si acquisti un alimentatore singolo, duale o multiplo il costo potrà variare da 40-50 euro a diverse centinaia di euro nel caso di alimentatori professionali multipli e con ampio range di tensione in uscita. E' inutile sottolineare che con un alimentatore singolo **(figura 6)** potrete alimentare la maggior parte dei vostri circuiti, tuttavia per circuiti che necessitano di alimentazione duale è necessario disporre di alimentatore duale.

ALIMENTATORE MULTIPLO DA PRESA ELETTRICA

Nonostante possa apparire indispensabile, chi è alle prime armi potrebbe tranquillamente ritardare l'acquisto dell'alimentatore ricorrendo a qualche stratagemma alternativo. Una prima possibilità è quella di acquistare un piccolo alimentatore universale con ingresso 220Vac ed uscita selezionabile **(figura 7)** dello stesso tipo di quelli che si impiegano per piccole apparecchiature elettroniche. In questo caso, fate attenzione al fatto che i valori di tensione riportati in corrispondenza del selettore sono generalmente quelli che si presentano in uscita all'alimentatore in presenza di carico standard, di conseguenza se il circuito alimentato presenta un assorbimento molto inferiore, in uscita potrebbe esserciuna tensione almeno di alcuni volt superiore rispetto al valore riportato in corrispondenza dello stesso selettore. Nell'impiegare un tale alimentatore, pertanto, ad ogni minimo dubbio effettuate delle verifiche misurando la tensione a vuoto in uscita attraverso un multimetro (a carico non potrà che ridursi) ed eventualmente partite con l'alimentare il vostro circuito con il selettore posto nella posizione che corrisponde al valore più basso di tensione selezionabile, misurate l'effettiva tensione a carico con un multimetro quindi spostate, eventualmente, il selettore sulle posizioni relative a tensioni via via maggiore fino ad individuare quella che corrisponde alla corretta alimentazione del vostro circuito. Fate attenzione ad acquistare un alimentatore

Figura 16: alcuni modelli di oscilloscopi professionali.

che riporti i simboli evidenziati in **figura 7** e che certificano il doppio isolamento e la presenza, all'interno, di un trasformatore di sicurezza sul alto AC: essere hobbisti dell'elettronica non deve mai significare trascurare le più elementari norme di sicurezza! Con una decina di euro circa non dovrebbe esse difficile acquistare un alimentatore di questo tipo sia presso negozi di elettronica o di materiale elettrico, sia presso un comune ipermercato. Nel caso in cui vogliate disporre di alimentazione duale sarà necessario munirsi di due alimentatori di questo tipo. Dato che per loro configurazione (doppio isolamento e trasformatore di sicurezza integrato) vengono ad essere due alimentatori del tutto indipendenti, anche quando sono inseriti entrambi in una presa elettrica dell'impianto elettrico di casa, potrete utilizzarli come due alimentatori che insieme formano una sorgente duale, se opportunamente interconnessi. Se già si dispone di alimentatori di questo tipo dismessi, perché appartenenti a piccoli apparecchi elettronici come telefonini, la spesa da sostenere diverrà ancora più contenuta. Ovviamente, va sottolineato che si tratta di alimentatori di piccola potenza e che per questo motivo mai potranno sostituire completamente un vero alimentatore da banco, tuttavia il loro uso può consentirvi di eseguire parecchie esperimenti pratici su piccoli circuiti elettronici, riducendo la spesa richiesta. Se si tratta di alimentatori con una sola tensione in uscita è possibile, inoltre, impiegare regolatori integrati della serie 78XY e 79XY per derivare tutti gli altri livelli di tensione che possono esserci utili oppure regolatori integrati LM317 e 337 per trasformare questi piccoli alimentatori dismessi in alimentatori con uscita variabile. Sui datasheet dei suddetti regolatori è possibile trovare tutti i riferimenti elettrici del caso.

USARE DELLE PILE AL POSTO DI UN ALIMENTATORE

Esiste un modo ancora più semplice ed economico per disporre di una sorgente di alimentazione. Infatti, se considerate che i primi circuiti che realizzerete probabilmente saranno circuiti che impiegano componenti che assorbono poca corrente (qualche contatore digitale, qualche piccolo amplificatore a transistor ad un solo stadio o a due stadi, qualche semplice circuito ad operazionali) e che quasi sicuramente possono funzionare in un range di tensione di alimentazione che va da pochi volt a 20-30 volt è facile comprendere come non sia affatto sbagliato alimentarli con una semplice pila da 9 volt dello stesso tipo di quelle utilizzate dai comuni telecomandi **(figura 8a)**. Seguendo questo approccio è anche possibile impiegare due pile per realizzare una alimentazione duale **(figura 8b)**, il tutto con pochissima spesa, soprattutto se già disponete di pile di questo tipo, magari ricaricabili.

IL MULTIMETRO

Il multimetro è probabilmente l'unico strumento che non potete in nessun modo esimervi dal comprare. Con una spesa di circa 15-20 euro è possibile acquistare un piccolo multimetro digitale economico che integra misure di tensioni alternate e continue, di correnti, di resistenze, un prova-diodi ed un prova transistor **(figura 10)**. Se volete qualcosa di più completo potete spendere qualche decina di euro in più ed acquistare un multimetro che integra anche le misure di capacità, cosa sicuramente utile a chi ha poca dimestichezza con i codici dei condensatori. In ogni caso è preferibile impiegare multimetri digitali di più facile lettura, anche perché i multimetri analogici vanno sostanzialmente scomparendo dal mercato **(figura 9)**. Con questo strumento, oltre a verificare i valori dimensionali dei componenti, potrete verificare l'alimentazione e la corretta polarizzazione dei vostri circuiti, potrete ricercare errori o guasti come corto-circuiti, circuiti aperti, diodi e transistor danneggiati. Sul numero 299 di Fare Elettronica potete, a riguardo, trovare un ampio ed esaustivo articolo proprio sui multimetri e sul loro impiego pratico.

IL SALDATORE

Il saldatore è un attrezzo che inizialmente potete anche evitare di acquistare se impiegate, per il montaggio dei vostri piccoli prototipi, delle bread-board, tuttavia già quando comincerete ad impiegare delle piastre millefiori vi renderete conto che si tratta di un attrezzo che non può assolu-

PER *approfondire...*

- Visual Analyser: un programma Windows per la simulazione di strumenti di misura e la generazione di forme d'onda-Fare Elettronica N. 258- A. Accattatis
- Datasheet di strumenti vari dal sito di RS Components

Figura 17: esempio di Oscilloscopio analogico.

tamente mancare in un piccolo laboratorio di elettronica. Con una spesa compresa tra dieci euro e qualche decina di euro potete passare dall'acquisto di un saldatore molto elementare con una sola punta non intercambiabile e senza regolazione della temperatura ad una stazione saldante in cui è possibile sostituire diverse punte da quelle più spesse, tonde o piatte a quelle più sottili, con manopola di regolazione della temperatura, termostatati e con indicazione a led della stessa temperatura. Le punte più sottili andranno utilizzate a temperatura meno elevate. L'impiego di pistole dissaldatici, trecce per dissaldare o di dispositivi che fondono ed aspirano lo stagno delle stesse saldature, anche applicabili al posto della punta del saldatore, possono spesso risultare utili, specie quando si desidera dissaldare un componente per poterlo sostituire. I costi, in realtà, variano molto via via che si passa da attrezzi più economici ad attrezzi di tipo professionali. Una stazione saldante come quella in **figura 11** per esempio può costare poche decine di euro mentre alcune stazioni saldanti riportate in **figura 12** possono costare dalle 60-70 euro fino a 100-150 euro.

INIZIARE DALL'ELETTRONICA DIGITALE

Se avete deciso di muovere i primi passi nel mondo dell'elettronica pratica, quasi certamente avete delle conoscenze teoriche, almeno rudimentali, di elettronica digitale ed analogica. Un consiglio che mi sento di dare a chi comincia è quello di iniziare a fare le prime esperienze realizzando piccoli circuiti digitali come circuiti contatori, circuiti che impiegano degli astabili (per esempio circuiti a 555) che possono facilmente essere testati con l'impiego di alcuni led e che quindi non necessitano né di generatori

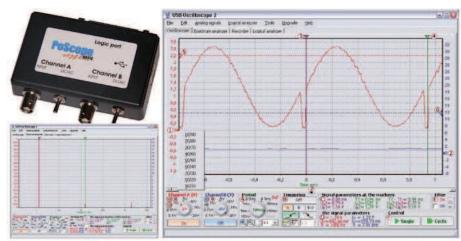



Figura 18: lo strumento multifunzione Poscope e la relativa interfaccia software per la gestione da PC.

Figura 19: oscilloscopio DSO NANO tascabile con memoria basato su processore ARM Cortex: M3 dotato di schermo a colori da 2,8" con risoluzione 320x240 pixel.

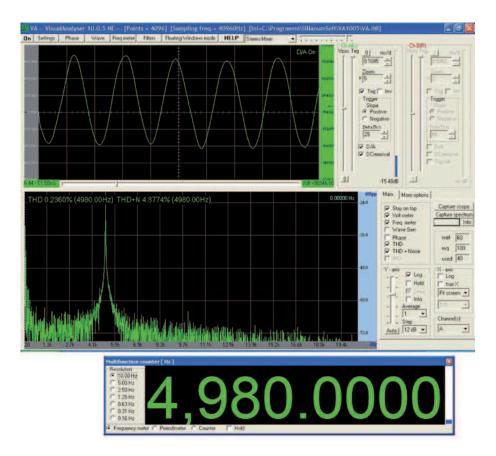



Figura 20: schermata dello strumento virtuale multifunzione Visual Analyser (Forma d'onda acquisita, spettro e misura della relativa frequenza).

di funzione né di oscilloscopio ma unicamente di una bread board, di un multimetro, qualche filo di connessione, una sorgente di alimentazione, anche elementare come quelle descritte precedentemente, ed ovviamente dei pochi componenti che compongono il circuito stesso. Come potrete ben comprendere, i componenti possono essere reperiti presso qualunque negozio di elettronica e spesso è anche possibile ottenerne campioni gratuiti direttamente dai produttori o distributori. La spesa necessaria ad intraprendere le prime esperienze pratiche è quindi veramente esigua. Intanto, man mano che eseguirete le prime esperienze, il vostro piccolo laboratorio comincerà ad arricchirsi di componenti e pian piano, in maniera graduale, vi aggiungerete, con maggiore consapevolezza, qualche strumento o attrezzo in più come quelli che illustreremo nei prossimi paragrafi.

CIRCUITI STAMPATI

Quando si realizza il PCB di un circuito stampato è necessario avere una ragionevole certezza del corretto funzionamento del circuito che si sta realizzando, almeno da un punto di vista teorico, dato che una volta montato risulterà sicuramente difficoltoso modificarlo variando il percorso di piste e collegamenti o inserendo nuovi componenti. La realizzazione dei PCB può essere considerato un argomento a se che è opportuno affrontare quando si ha ormai sufficiente dimestichezza con bread board, piastre millefiori e saldatore. In ogni caso, lo sviluppo di un PCB consiste in una incisione chimica di uno strato di rame presente su una piastra, generalmente in vetroresina. L'incisione consente di asportare il rame in eccesso lasciando piste e piazzole. L'argomento merita uno spazio proprio e per questo motivo rimandiamo ai numerosi tutorial presenti in rete o sulle riviste di elettronica che spiegano in maniera dettagliata quali siano i prodotti che è necessario acquistare da un qualunque negozio di elettronica per munirsi di una postazione di sviluppo per PCB. Nell'articolo "Sbrogliare un PCB" riportato nel numero 39 di Firmware trovate un'ampia trattazione delle tecniche e dei CAD più comuni che è possibile utilizzare per effettuare, in maniera professionale, il disegno di un PCB, operazione che deve, ovviamente, precederne l'esposizione. In ogni caso, quando passerete alla realizzazione dei PCB **(figura 13)** dovrete munirvi di piastre per circuiti stampati, qualche prodotto chimico (soluzione di idrossido di sodio e cloruro ferrico), alcol, un seghetto da ebanista ed un piccolo trapano per la foratura delle piastre, con punte da 0,8 ed 1,25 millimetri, meglio se a colonna in modo da consentire forature più precise e limitare le probabilità di rompere le stesse punte durante l'impiego. Inutile sottolineare che gli agenti chimici prima richiamati vanno impiegati con cautela e tenuti lontani dalla portata dei bambini e che è possibile trovarli in concentrazioni diluite presso qualunque negozio di elettronica.

IL GENERATORE DI FUNZIONI

Una delle esigenze che certamente incontra chi decide di allestire un piccolo laboratorio di elettronica personale è quello di disporre di un generatore di funzioni utile a testare i propri circuiti. L'acquisto di un generatore di funzioni professionale **(figura 14)** può richiedere un costo compreso tra 150-200 euro e diverse centinaia di euro. Il costo può variare in funzione di diversi fattori: tipo e numero di forme d'onda che può fornire, numero di parametri delle stesse forme d'onda che è possibile controllare (ampiezza, frequenza, duty-cycle), banda dello strumento e quindi frequenza massima dei segnali che è possibile generare, disponibilità o meno di un display più o meno ricco di informazioni, disponibilità di uno, due o più canali in uscita e così via. Il consiglio che si può dare ai principianti è quello di provare, prima di acquistare un generatore di funzioni, ad autocostruire piccoli circuiti oscillatori ed astabili da impiegare come sorgenti di segnale. In questo modo si avrà la possibilità di ampliare la propria famigliarità con questi circuiti rinviando l'acquisto impegnativo di un vero generatore di funzioni. Un'altra via che potete seguire, se volete uno strumento abbastanza professionale ma ad un costo abbastanza contenuto, è quello di reperire un generatore di funzioni in qualche mercatino dell'elettronica o fiere per radioamatori a patto di cercarne uno con non più di due uscite, con banda non superiore a 2 MHz e magari senza display. Riducendo il tutto all'essenziale potrete acquistare un generatore di funzioni come quello riportato in **figura 15** con un costo intorno a cento euro.

L'OSCILLOSCOPIO

Anche l'oscilloscopio è uno degli strumenti fondamentali di cui è necessario disporre nel proprio laboratorio, tuttavia non sempre è strettamente necessario. Come si è avuto modo di comprendere nell'esposizione fatta fino ad ora infatti, fino a che si ha a che fare con le prime esperienze con circuiti digitali può essere sufficiente impiegare semplici segnalazioni a diodi per portare a termine le proprie esperienze. Quando tuttavia si vuole testare in maniera più ampia gli stessi circuiti, cioè a frequenze non valutabili visivamente attraverso diodi led o quando si opera con circuiti analogici, può divenire indispensabile disporre delle funzioni di un oscilloscopio. Premesso che la totalità degli oscilloscopi oggi sul mercato è costituita da strumenti digitali con funzioni davvero ampie e professionali è opportuno sottolineare che nella maggior parte dei casi si tratta di strumenti completamente sovradimensionati **(figura 16)** per piccole esperienze pratiche di hobbisti oltre che abbastanza costosi (da 500-600 euro a diverse migliaia di euro). Per questo motivo può essere opportuno cercare tra i mercatini e le fiere di elettronica e di radioamatori oscilloscopi analogici ormai fuori commercio ma ancora pienamente funzionanti e del tutto adeguati ai vostri scopi. Così facendo potrete trovare, per esempio, un oscilloscopio analogico a due canali con 20MHz di banda, magari dall'aspetto un po' ingombrante come quello di **figura 17** ma pienamente adeguato ai vostri scopi con una spesa di circa 150 euro e a volte anche meno. Ovviamente, prima dell'acquisto assicuratevi che sia correttamente funzionante. In alternativa è possibile seguire una delle strade proposte nei paragrafi che seguono.

ALTERNATIVE ALL'OSCILLOSCOPIO DA BANCO

Con il tempo, non solo i dispositivi di misura digitali hanno quasi del tutto soppiantato quelli analogici ma è anche accaduto che essi abbiano sempre più spesso integrato funzioni di interfacciabilità nei confronti dei PC che ne consentono l'aggiorna-

mento firmware ed il trasferimento dei dati. Il passo successivo è stato quello di realizzare dei veri e propri strumenti multifunzione nei quali la parte elettronica è ridotta al minimo, grazie al fatto di poter essere collegati ad un computer su cui far risiede, in forma software, l'intera parte computazionale delle stesse misure. In altre parole, si tratta di strumenti che integrano semplicemente l'acquisizione del segnale, che possono essere gestiti via software dal PC e che tramite il software attivo su quest'ultimo consentono l'elaborazione del segnale acquisito e la presentazione dei risultati a video. Molti dei lettori di Fare Elettronica sicuramente hanno avuto modo di trovare, per esempio, più volte, tra le pagine pubblicitarie, il Kit Poscope **(figura 18)** il quale altro non è che uno strumento di misura collegabile ad un PC che integra funzioni di oscilloscopio, analizzatore di spettro, tester, registratore di segnali, analizzatore logico, generatore di funzioni. Un dispositivo di questo tipo costa poco meno di 200 euro ma presenta il vantaggio di integrare numerosi strumenti in uno solo, in dimensioni estremamente ridotte e per questo motivo può essere considerato un utile strumento non solo per professionisti dell'elettronica ma anche per hobbisti non proprio alle prime armi, visto il costo non è esiguo ma tutto sommato nemmeno proibitivo. Il fatto di non necessitare di alimentazione esterna (l'alimetazione è prelevata direttamente dalla porta USB del PC) contribuisce a renderlo estremamente compatto e funzionale. Le possibilità di misura, come oscilloscopio, sono davvero ampie: due canali, dotato di markers, trigger, pre-trigger e misuratore di segnale e di frequenza. Le funzioni di analizzatore di spettro e di registratore a due canali, con la possibilità di estrapolare valori minimi e massimi e di registrare le forme d'onda acquisiste direttamente sull'hard disk del proprio PC e le funzioni di generatore di funzione e di pattern, lo rendono un piccolo gioiello. In **figura 19** è invece riportato un piccolo oscilloscopio portatile. Nello specifico si tratta di un piccolo strumento attualmente disponibile sul mercato (DSO NANO) che rappresenta un vero e proprio oscilloscopio tascabile con memoria. Il vantaggio offerto da uno strumento simile è sicuramente il costo non proibitivo (circa cento euro), lo svantaggio è invece principalmente nelle dimensioni ridotte del display. Ovviamente non si può pensare di impiegarlo con la stessa praticità di un vero oscilloscopio da banco ma costa indubbiamente meno.

GLI STRUMENTI VIRTUALI

Se qualcuno di voi non ci ha mai pensato, sappiate che potenzialmente tutti abbiamo all'interno del nostro PC sia un oscilloscopio, sia un analizzatore di spettro che un generatore di funzioni a due canali: si tratta della scheda audio. Infatti, così come attraverso la scheda audio del nostro PC è possibile riprodurre della musica, è anche possibile riprodurre dei toni e se si ha a disposizione una opportuna interfaccia software non è difficile immaginare che sia possibile riprodurre segnali come onde quadre o triangolari. Inoltre, così come è possibile acquisire un segnale sonoro o vocale non è difficile immaginare che, sempre attraverso opportune interfacce software, sia possibile acquisire un segnale come una sinusoide o un onda quadra o di altro tipo. Questa potenzialità intrinseca delle schede audio per PC ha portato allo sviluppo di numerose interfacce software, molte freeware e quindi liberamente scaricabili dal web che consentono di trasformare la stessa scheda audio in un vero e proprio strumento multifunzione che integri almeno 5 dispositivi: oscilloscopio, analizzatore di spettro, frequenzimetro, contatore e generatore di funzioni. Tutto questo farà certamente saltare di gioia chi, desideroso di improvvisarsi hobbista dell'elettronica, non aveva mai pensato ad una simile possibilità che consente di disporre strumenti virtuali praticamente a costo zero. Attenzione! Se utilizzerete queste potenzialità del vostro PC tenete sempre bene presenti due cose: la prima è che le forme d'onda che potete generare ed acquisire e le frequenze che potete misurare con frequenzimetri e contatori virtuali devono appartenere, ovviamente, alla banda audio della scheda audio. Per intenderci, potrete sicuramente lavorare con segnali da poche centinaia di Hz a quasi 20 KHz ma scordatevi di poterlo fare con segnali di 10Hz o 30 MHz: siete fuori dalla banda audio della scheda audio. La seconda, sicuramente molto più importante è quella di ricordarvi sempre che avete a che fare con un'uscita del vostro PC e come tale occorrono le dovute cautele. Tanto per intenderci, dovete fare molto bene attenzione a non portare sull'ingresso audio MIC o LINE IN del PC segnali eccessivamente elevati che possano danneggiare la scheda audio oppure impiegare l'uscita audio erroneamente per acquisire un segnale invece che per generarlo oppure mettere in corto la stessa uscita audio. Nell'impiegare in questo modo la scheda audio del vostro PC dovrete utilizzare un connettore Jack e cosa analoga vale se si utilizza l'ingresso MIC o LINE_IN per l'acquisizione (funzione da oscilloscopio). Se volete sfruttare queste potenzialità del vostro PC e volete qualche piccolo consiglio allora potete: - interporre tra il segnale da misurare e l'ingresso della vostra scheda audio un buffer ad OPAMP alimentato da una tensione bassa (per esempio 0-5V) in modo da essere certi che il segnale che mandiamo sull'ingresso della scheda audio non sia mai superiore a quel valore. Il segnale da misurare potrebbe essere applicato a monte del buffer attraverso un potenziometro che fa da scala. Inoltre, potete pensare di interporre tra l'uscita del buffer e l'ingresso della scheda audio un piccolo trasformatore audio che assicuri separazione galvanica e quindi maggiore sicurezza per la scheda audio. Ovviamente, sull'ingresso e sull'uscita del buffer andrà inserito una capacità di disaccoppiamento di valore pari a 630nF o 1uF circa. Non dimentichiamoci, infatti, che in ogni caso possiamo operare solo con segnali compresi all'interno della banda audio. In alternativa è possibile pensare ad un attenuatore puramente resistivo. Considerando per esempio che la resistenza di ingresso per un Line_in è tipicamente di 100/200 Kohm si potrebbe pensare all'impiego di un potenziometro di 10 Mohm interposto. Accorgimenti analoghi possono essere adottati per la sicurezza dell'uscita audio della scheda audio impiegata come generatore di funzioni. Gli algoritmi utilizzati dai DSP e la potenza di calcolo di comuni PC consentono di scrivere programmi applicativi che emulano strumenti di misura anche sofisticati e costosi, senza o quasi nessun hardware aggiuntivo e quindi a costo praticamente zero. Di seguito riportiamo alcuni riferimenti a software liberamente scaricabili dal web (e quindi praticamente a costo zero) che funzionano come strumenti virtuali.

VISUAL ANALYSER

Il Visual Analyser **(figura 20)** è un applicativo software che funziona sotto Windows, in grado di emulare l'oscilloscopio, l'analizzatore di spettro, il generatore di funzioni, il frequenzimetro, il contatore e che integra un ampio numero di filtri digitali. Il programma è pensato con una semplice idea di base: utilizzare il solo PC per emulare più strumenti di laboratorio piuttosto che disporre fisicamente degli stessi strumenti. Sui numeri 258 e 259 di Fare Elettronica, chi è interessato all'argomento trova due articoli che illustrano con un buon grado di dettaglio questo utile strumento di lavoro. L'autore dell'articolo (Alfredo Accattatis) è anche lo sviluppatore dello stesso software (VAsetup.exe) che risulta liberamente scaricabile dalla rete. Come il Visual Analyser esistono altri strumenti simili come TruRTA, Frequency Counter e Sine Wave Generator scaricabili anch'essi dalla rete **(figura 21 e 22)**.

I KIT DI SVILUPPO

Inutile sottolineare, che tutti coloro che desiderano cimentarsi in esperienze sulla programmazione di controllori, FPGA, PLC e PC embedded e molti altri tipi i applicazione trovano oggi sul mercato la disponibilità di numerosi Kit di sviluppo che possono arricchire il proprio laboratorio e che sono spesso didatticamente molto efficaci.

CONCLUSIONI

Come avrete avuto modo di comprendere, l'allestimento di un laboratorio di elettronica può essere una operazione molto difficoltosa ed onerosa, anche se si prendono in considerazione i soli strumenti principali che normalmente si trovano all'interno di esso. Questo è in realtà vero solo se si guarda unicamente a strumenti ed attrezzatura di livello professionale, per forza di cose eccessivamente costosi. Se, diversamente, si intende allestire un laboratorio hobbistico è sufficiente, oltre che opportuno, ricorrere a strumentazioni e attrezzature di livello non professionale, o caratterizzate da funzioni più limitate oppure recuperati da mercati e fiere dell'elettronica nelle quali è possibile trovare anche (ma non solo) strumenti usati perfettamente funzionanti e normalmente non più sul mercato ad un costo spesso accessibile. Questo può essere certamente di incoraggiamento per quanti, studenti ed hobbisti, pensano, sbagliando, che sia impossibile metter su un piccolo laboratorio personale senza troppe pretese, ma adeguato ai propri scopi e senza troppa spesa.

Figura 21: frequency Counter e Sine Wave Generator, due strumenti virtuali liberamente scaricabili dal Web.

Figura 22: trueRTA, strumento virtuale multifunzione scaricabile dal web simile all'applicativo Visual Analyser.

La disponibilità di strumenti virtuali e di qualche espediente, illustrato nel corso dell'articolo, aiuta spesso ed inoltre a limitare il numero degli strumenti necessari ed a ridurre di conseguenza ulteriormente le spese che è necessario sostenere, almeno in una prima fase. Se intraprendete questa strada da "piccolo elettronico" sicuramente siete motivati da curiosità e passione, avete già delle basi in materia e desiderate passare dalla teoria alla pratica in maniera non troppo drastica, soprattutto da un punto di vista di esborso economico. Percorrendola, nel tempo, avrete modo di impossessarvi degli aspetti pratici della materia, di aumentare le vostre conoscenze e competenze in merito, allargando il vostro raggio d'azione su argomenti teorici e pratico-applicativi sempre più ampi, così come gradualmente più ampio diverrà il vostro laboratorio personale. Pian piano, quello che oggi appare un piacevole hobby potrebbe rimanere tale o divenire il centro dei vostri studi e in futuro la vostra professione. Ovviamente da nessuna parte potrete mai comprare le conoscenze teoriche che sono alla base delle esperienze che eseguirete all'interno del vostro laboratorio, ma passione e desiderio di imparare vi guideranno a documentarvi e a mettere in pratica quanto appreso. Buona fortuna! ❏

CODICE MIP 2772460

di GIOVANNI DI MARIA

PoKeys

(parte seconda)

Approfondiamo in questa seconda puntata l'operatività del PoKeys, studiandone l'utilizzo e la possibilità di comunicazione con i canali esterni

Nella precedente abbiamo visionato il PoKeys nel suo aspetto generale d'insieme. Abbiamo altresì installato e collaudato il software necessario al suo funzionamento ed interfacciamento. In questa puntata, finalmente, proveremo la sua operatività osservando le potenzialità e le funzionalità, che sono davvero tante. Questa settimana focalizzeremo l'attenzione esclusivamente sull'interfaccia GUI in modalità operativa. Essa fornisce un semplice ambiente operativo ma soprattutto di test e di sperimentazione. Non tutte le operazioni sono possibili con questa modalità ma approfondiremo le conoscenze nelle prossime puntate, quando parleremo dell'interfaccia a console.

Figura 1: la videata principale del programma.

IL SOFTWARE DEL POKEY55

Dopo aver installato il software (fase esaminata la scorsa puntata) sul desktop viene creata un'icona e sul pulsante Start di Windows è aggiunta una nuova applicazione. Con essa è possibile eseguire il programma tramite il doppio click. Questa applicazione ha lo scopo principale di configurare le porte di comunicazione, decidendone la modalità operativa. In altre parole è possibile trattare una porta di I/O del PoKeys come ingresso o come uscita digitale, ingresso o uscita analogica, come fonte di uscita a PWM, ed altri funzionamenti che saranno visto in seguito. Appena avviato il programma, l'utente deve selezionare un dispositivo PoKeys valido e disponibile. Questo per due motivi:

- ogni unità PoKeys dispone di un proprio ID, ossia un codice univoco per distinguerlo dagli altri dispositivi e per il suo indirizzamento;
- è possibile collegare sul bus USB più dispositivi PoKeys e gestirli indipendentemente.

L'ID del PoKeys è liberamente configurabile dall'utente. Naturalmente se si dispone di un solo PoKeys, la scelta cadrà inevitabilmente solo su questo. Se non vi sono dispositivi collegati, il software del PoKeys entrerà in modalità dimostrativa, ossia tutti i comandi e le impostazioni funzioneranno solo virtualmente, fornendo comunque un ambiente dimostrativo completo per visionare le possibilità offerte. Dopo aver premuto il tasto "Connect" il programma presenta la sua videata principale. **La figura 1** mostra la configurazione di tutte porte senza alcuna funzionalità. Le porte sono disposte sia sul lato sinistro che destro. La diversa colorazione verrà esaminata in seguito.

LE PORTE DI COMUNICAZIONE

Il Pokeys dispone di ben 55 porte, configurabili liberamente, secondo le proprie esigenze. Ogni canale (o porta) è caratterizzato da due proprietà:

- *Mode*, che specifica la modalità di fun-

Figura 2: una porta mappata con la combinazione dei tasti ALT-A.

Figura 3: una Macro con il testo "Comprate le riviste di Inware Edizioni".

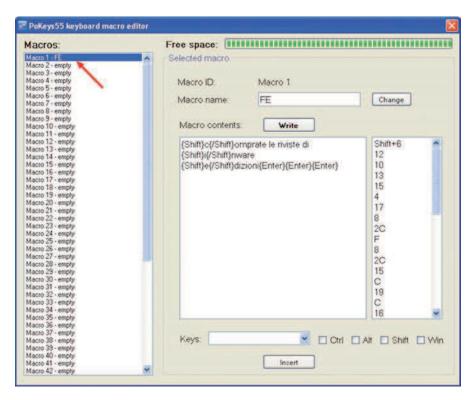
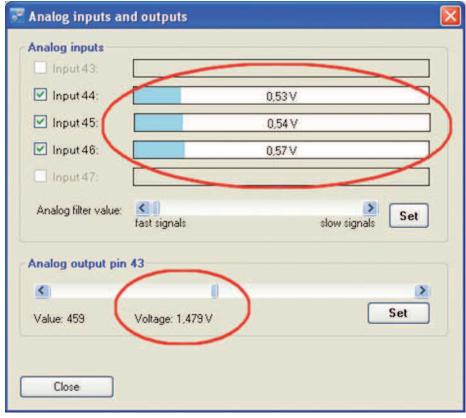



Figura 4: il controllo degli ingressi e uscite digitali.

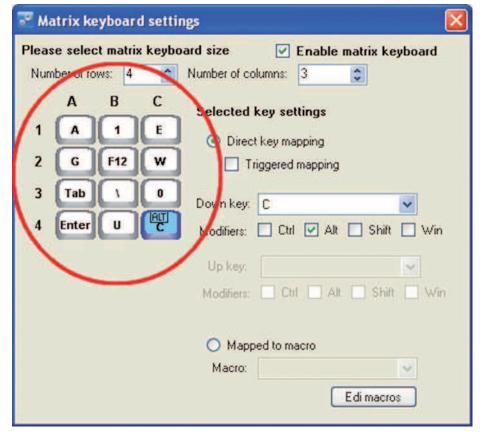



Figura 5: i tasti sono completamente configurabili e personalizzabili.

zionamento di una porta e sua finalità (ingresso, uscita, PWM o altro).

- *Assigment* , che specifica l'esistenza o meno di tasti o macro ad esso associato.

Come si vede dai simboli delle funzionalità, se la freccia del verso logico di segnale è rivolta verso la porta, indica che si tratta di un ingresso mentre se la freccia "esce fuori" dalla porta stessa, essa è una uscita.

LE FUNZIONALITÀ DELLE PORTE

Per modificare la funzione di una porta, occorre cliccare sulla porta desiderata e cambiare il suo funzionamento sulla parte centrale del pannello software. Le porte possono assumere 5 diversi modi di funzionamento.

Inactive
Tutti i pin possono essere configurati come "disattivati". In questo caso la porta avrà un'alta impedenza con una resistenza di pull-up collegata.

Digital input
Tutte le porte possono essere configurate come ingressi digitali, selezionando il box "Digital input". Tutti gli ingressi sono dotati di una piccola resistenza di pull-up e accettano senza problemi fino a 5V. Se la polarità di stato del pin deve essere invertita, occorre abilitare il box "Invert pin".

Digital Output
Tutte le porte possono essere configurate come uscite digitali, selezionando il box "Digital output". Ogni porta può sopportare fino a 4 mA di corrente e tutto il dispositivo (con l'insieme delle porte utilizzate) non può erogare più di 100 mA. Questi parametri devono essere rispettati per non sovraccaricare il PoKeys. Se la polarità di stato del pin deve essere invertita, occorre abilitare il box "Invert pin".

Analog input
Solo le porte 43, 44, 45, 46 e 47 possono essere impostate come ingresso analogico. Esse possono essere liberamente mappate ai 6 assi di un joystick: X, Y, Z, rotazione X, rotazione Y e il throttle.

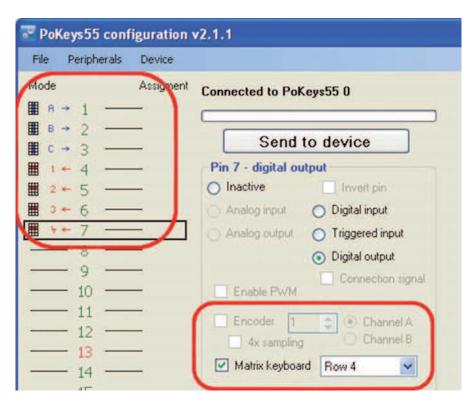



Figura 6: il collegamento virtuale della tastiera a matrice.

Analog output

Solo la porta 43 può essere adibita ad uscita analogica. La tensione di uscita è determinata da un segnale PWM ad alta frequenza, ma invisibile sulla stessa per la presenza di un filtro, peraltro configurabile. La tensione prodotta è compresa tra 0V e 3,3V, con incrementi pari a 0,0032V.

EMULAZIONE TASTIERA

Gli ingressi digitali possono operare sul PC alla stessa maniera dei tasti della tastiera. Ad esempio si può facilmente realizzare un prototipo con due pulsanti, connesso al PoKeys, a sua volta connesso al PC. Quando uno stato logico va a livello alto, Il PoKeys invia il carattere scelto verso il computer, proprio come se fosse stato premuto direttamente sulla tastiera. Si immagini la mole di applicazioni realizzabili!

Mappatura della tastiera

Se volessimo associare un tasto (o combinazione di tasti) allo stato logico di un pin è sufficiente definire una porta come ingresso digitale, successivamente selezionare la combinazione di tasti da attribuire al livello logico. Nell'esempio di **figura 2**, la combinazione dei tasti ALT-A è stata mappata alla porta 17, sul fronte di discesa del segnale, essendo invertito lo stato logico della porta stessa.

Macro

E' possibile associare ad uno stato logico di un pin anche una sequenza di tasti. E' necessario in questo caso assegnare tale sequenza ad una macro. Se uno stato logico cambia, ad esempio, è possibile far inviare dal Pokeys la frase "Comprate le riviste di Inware Edizioni" come se effettivamente fosse stata scritta da tastiera.

ENCODER

Il PoKeys può visualizzare agevolmente i valori Raw degli encoder ad esso collegati. Ricordiamo che esso riesce a gestire fino a 25 ingressi per encoder rotativi di cui 3 ad alta velocità. Per abilitare l'ingresso per un encoder, occorre scegliere il suo indice numerico e poi selezionare il suo canale appropriato. Infine si deve abilitare il checkbox "Encoder". Tali ingressi possono anche essere mappati ad uno o più tasti della tastiera. E' possibile gestire fino a 3 ingressi ad alta velocità. A tale scopo si può abilitare la casella "4x sampling" per ottenere una precisione e velocità quattro volte superiore. Per visualizzare lo stato degli encoder collegati, occorre selezionare il menù Peripherals alla voce 'Encoder RAW values', o premere semplicemente il tasto F7. Sarà visualizzato un riepilogo contenente i relativi valori. I 3 ingressi veloci sono gestiti oin questo modo:

- Encoder 1: pin 1,2;
- Encoder 2: pin 3,4;
- Encoder 3: pin 15,16.

MONITORAGGIO DI INGRESSI E USCITE ANALOGICHE

Per controllare ed impostare le tensioni analogiche si può richiamare l'apposita finestra al menù Peripherals alla voce 'Analog inputs and outputs', o in alternativa premere il tasto F5. Oltre che a monitorare in tempo reale la tensione presente su tali ingressi, si può impostare una tensione analogica sul pin 43, sino ad un massimo di 3,3V. Tale tensione è generata da un veloce PWM.

UTILIZZO DI TASTIERE ESTERNE A MATRICE

Il Pokeys gestisce le tastiere a matrice, con funzionalità a scansione, con un limite massimo di 16x8 tasti (una tastiera enorme). Naturalmente anche le tastiere semplici sono sopportare, come quelle composte da 3x3, 4x4 e 5x5 tasti. Per gestire, per esempio, una tastiera 4x3, si eseguano le seguenti procedure:

- si acceda alla voce "Matrix keyboard" al menù Peripherals;
- impostare il numero di righe a 3 ed il numero di colonne a 4;
- abilitare la tastiera con il relativo checkbox;
- programmare il funzionamento dei singoli tasti;
- selezionare 3 pin ed impostarli come ingressi digitali (colonna);
- selezionare 4 pin ed impostarli come uscite digitali (riga);
- la tastiera adesso è pronta per funzionare.

CONCLUSIONI

I successivi articoli approfondiranno ulteriormente l'utilizzo, le tecniche e i funzionamenti del PoKeys 55T. Seguiranno ulteriori articoli pratici che illustreranno alcune tipiche realizzazioni del Pokeys 55T. ❑

CODICE MIP 2790216

di LUCA STANZANI

Questo articolo descrive un utilizzo insolito per i LED. Abitualmente i LED sono impiegati per fornire segnalazioni visive, in questo articolo invece vedremo come possono essere utilizzati per misurare il livello di luminosità ambientale. Attraverso l'utilizzo di un LED si realizzerà un sensore di luce

UN *led* come sensore di luce

Oltre alla loro classica funzione di indicatori luminosi, i LED moderni possono ricoprire efficacemente il ruolo di sensori fotovoltaici. Se si prende un LED è lo si collega a un multimetro, illuminando il LED con una sorgente luminosa (che potrebbe anche essere un LED identico), si produce ai capi una tensione di circa 1.4V **(figura 1)**. Il LED polarizzato inversamente si può supporre abbia un modello composto da una capacita in parallelo ad una sorgente di corrente, come mostrato in **figura 2**. Aumentando la quantità di luce incidente sul LED aumenta la corrente generata che contribuisce a scaricare rapidamente la capacità equivalente dalla tensione di alimentazione.

SENSORE FOTOVOLTAICO

In **figura 3** è mostrato un metodo per utilizzare il LED come sensore fotovoltaici. Collegando un uscita di un microcontrollore (pin 2) al catodo del LED si applica una polarizzazione inversa che carica la capacità interna del diodo alla tensione di alimentazione. Collegando ora il catodo ad un pin di ingresso (pin 3) si collega fondamentalmente un carico ad alta impedenza al LED. Illuminando il LED si genera una corrente che va a scaricare la capacità interna precedentemente caricata alla tensione di alimentazione. Quando la tensione della capacità interna scende sotto la soglia inferiore di tensione per la commutazione del microcontrollore, quest'ultimo sente sul pin 3 uno zero logico. Aumentando la luce incidente sul LED la capacità si scarica sempre più velocemente, al contrario se la luce è bassa la scarica impiega più tempo. Nel nostro esempio un microcontrollore Atmel AVR ATtiny15, misura il tempo in cui il pin 3 raggiunge lo zero logico e calcola la quantità di luce ambiente che colpisce il LED. Allo stesso tempo il programma fa lampeggiare il LED ad una frequenza proporzionale alla luce misurata. In **figura 4** è mostrato il circuito descritto in precedenza, il LED utilizzato è un classico rosso ad alta luminosità di diametro 3mm, disponibile in un involucro trasparente. La tensione di alimentazione può andare da 3V a 5.5V indifferentemente, solamente tre dei sei pin disponibili del microcontrollore sono utilizzati. I pin rimanenti potrebbero essere impiegati per la comunicazione con qualsiasi altro dispositivo. Il LED è collegato tra i pin PB0 e PB1, e il pin PB3 è usato per produrre un onda rettangolare a frequenza proporzionale alla luce incidente sul LED. Il circuito lavora prima polarizzando direttamente il LED per un intervallo prefissato e poi polarizzandolo inversamente. L'inversione della polarizzazione è realizzata scambiando i bit sui pin PB0 e PB1. Suc-

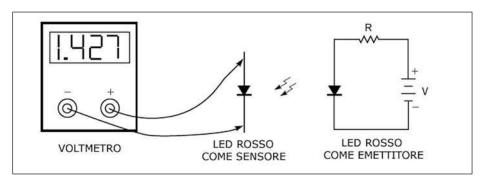



Figura 1: tensione misurata con voltmetro ai capi di un LED illuminato con una sorgente dello stesso tipo.

PER *approfondire...*

- ATMEL website: http://www.atmel.com/
- "Very Low-Cost Sensing and Communication Using Bidirectional LEDs", Mitsubishi Research Laboratories, July 2003, www.merl.com/reports/docs/TR2003-35.pdf.

cessivamente il microcontrollore riconfigura PB0 come ingresso. Un timer interno misura l'intervallo T impiegato dalla tensione su PB0 per passare da un 1 logico a uno 0 logico. La riconfigurazione finale dei pin PB0 e PB1 che riporta il LED polarizzato in diretta completa il ciclo. Il tempo T varia inversamente alla quantità di luce ambiente incidente sul LED. Perciò l'effetto è un lampeggio a bassa frequenza se la luce ambiente è poca, mentre si ha una frequenza più elevata se la luce è consistente.
Se si testa il circuito producendo una luce direttamente con un LED identico in cui è possibile controllare la corrente di polarizzazione diretta e si va a visualizzare la frequenza prodotta dal segnale rettangolare sul pin PB3 ci si accorge che per bassi valori di corrente diretta l'intensità luminosa rilevata dal LED ha un andamento lineare **(figura 5)**. Ovviamente per questa misura è necessario che i LED siano affacciati e che siano adeguatamente protetti con una copertura che li isola dalla luce esterna.

EFFICIENZA DELLA RILEVAZIONE DI LUCE

L'efficienza del LED come sensore di luce è legata al flusso di corrente inversa e alla capacita. Per stimare la "fotocorrente" inversa è possibile collegare una resistenza da 1Mohm in parallelo al sensore LED e misurare la tensione sulla resistenza applicando un livello costante di intensità luminosa da una sorgente esterna. Sostituire la resistenza prima con 500Kohm e poi con 100Kohm e ripetere le misure.
Per un LED classico sottoposto a illuminazione costante e protetto dalla luce ambiente si misura una "fotocorrente" di 25nA per tutti e tre i valori di resistenza. Per lo stesso livello luminoso misurare anche la frequenza prodotta sul pin PB3.
Per calcolare la capacità inversa del diodo utilizziamo la formula dV/dt=I/C. Utilizzando il tempo di loop, la corrente del LED, la tensione di 1 logico e di zero logico è possibile ricavare C.
Tipicamente si ottiene un valore tra 25 e 60 pF. Il listato assembly del programma è riportato nel **listato1**.

SENSORE DI LUCE NOTTURNA

Ovviamente vista la semplicità dell'operazione di rilevazione della luce ambientale, l'utilizzo di un microcontrollore non è sempre indispensabile, in **figura 6** è riportato un semplice circuito in grado di rivelare quando la luce ambiente scende

LISTATO 1

```
.include "tn15def.inc"
.cseg
.org 0
;LED as light sensor
main:
   ldi r16, 255
   out DDRB, r16
   ldi r16, 0
   out PORTB, r16
   ldi r19, 1
   rcall delay
   ldi r19, 1
new_main:
   sbi DDRB, 0
   nop
   nop
   sbi PORTB, 1 ;LED forward bias
   cbi PORTB, 0
rcall delay
   sbi PORTB, 0
   cbi PORTB, 1 ; reverse bias
;rcall min_delay
   cbi DDRB, 0 ; LED discharge
   cbi PORTB, 0
; set registers for minimum delay
ldi r19, 1
wait_here:
   sbis PinB, 0
   rjmp its_one
   rcall min_delay
   inc r19
   brne dont_inc_r20
   rjmp over_flow
dont_inc_r20: rjmp wait_here
over_flow:
its_one:
   in r16, PORTB
   ldi r17, 0b00001000
   eor r16, r17 ; toggle PB3
   to generate frequency prop to light
   out PORTB, r16
   mov r2, r19
   rcall delay
   mov r19, r2
   rjmp new_main
delay:
   ldi r20, 0
dec_r20:
dec_r21:       dec r20
   brne dec_r20
   dec r19
   brne dec_r20
   ret
min_delay:    in r0, SREG
   di r18, 200
not_over:
   dec r18
   brne not_over
   out SREG, r0
   ret
```

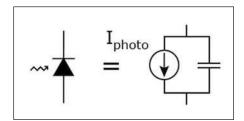



Figura 2: modello del LED polarizzato inversamente.

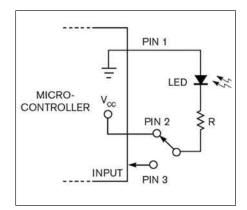



Figura 3: circuito per misurare l'intensità luminosa con un LED.

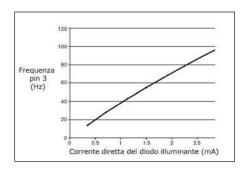



Figura 5: frequenza generata in funzione della luminosità fornita al sensore LED.

Figura 4: circuito con doppia funzione di misura della luce e indicazione della intensità.

Figura 6: circuito con funzione di luce notturna.

sotto un certo livello. Durante la giornata, con luce diurna, il LED rimane spento e si accende solo se la luminosità ambientale diminuisce.

Il timer CMOS 7555 è configurato come monostabile, commuta quando la tensione sul pin 2 è inferiore a un terzo della tensione di alimentazione. R1 e R2 formano un partitore che mantiene il catodo del LED appena sotto la tensione di commutazione. Quando la luce ambiente è sufficiente, il LED genera alcune centinaia di millivolt che permettono al pin 2 di rimanere sopra la tensione di commutazione. In questo stato il pin 3 del 7555 è a 0V e il diodo 1N914 è polarizzato inversamente permettendo così alla corrente del LED di fluire nel pin 2.

Se la luce ambiente cala a sufficienza la tensione ai capi del LED scende e il pin 2 scende sotto il livello di commutazione. Il 7555 genera un singolo impulso, il diodo 1N914 si polarizza in diretta e il LED si accende.

Alla fine del periodo impostato da R3 e C1 il monostabile è pronto per un altro ciclo, per un piccolo intervallo il LED torna off per una nuova misurazione della luce ambiente.

Per questo circuito non serve una resistenza di limitazione della corrente nel LED poiché ne pregiudicherebbe il funzionamento. La logica utilizzata è di tipo CMOS per garantire bassi livelli di assorbimento di corrente.

CONCLUSIONI

Con un po' di immaginazione le applicazioni che si prospettano, derivanti dalla possibilità di misurare la luce con un semplice LED, sono molteplici. La prima che può balzare immediatamente alla mente è il controllo della retroilluminazione dei display LCD. Questo problema è molto sentito specialmente vista la diffusione sempre maggiore di terminali portatili.

La capacita di modificare l'illuminazione del display in base alla luce ambiente rilevata da un qualsiasi LED di segnalazione o dai LED di retroilluminazione stessi è una prospettiva allettante. ❑

CODICE MIP 2772492

di GIOVANNI DI MARIA

Programmatore Pic da 2 Euro

Realizziamo questo semplice ed economico programmatore per microcontrollori

Sul mercato esistono tanti tipi di programmatori di microcontrollori. Alcuni sono molto costosi, altri più semplici. Altri ancora molto complessi sia nell'utilizzo che nel funzionamento. Quello che ci accingiamo a presentare è un programmatore semplice e minimale. I componenti sono ridotti all'osso e si può assemblare anche su una basetta 1000 fori.

Questo programmatore è utile anche in caso d'emergenza, se non si dispone di un hardware idoneo. Un piccolo circuito che non mancherà di dare soddisfazione a chi lavora con i microcontrollori.

A COSA SERVE UN PROGRAMMATORE?

Un microcontrollore si programma attraverso alcune fasi. Si inizia dall'idea del progetto, dall'analisi del problema, dalla creazione di un diagramma a blocchi, prima semplificato poi via-via più complesso. Successivamente si codifica l'idea e gli algoritmi attraverso un linguaggio di programmazione, visuale o semantico. Infine occorre compilare il programma allo scopo di tradurre tutto quanto scritto in un linguaggio comprensibile al microcontrollore.

Tutte queste procedure sono svolte al personal computer. L'ultimo passo, quello fondamentale, consiste nel copiare fisicamente il file eseguibile, prodotto dalla compilazione, direttamente sul microcontrollore. Il programmatore hardware ha proprio la funzione di interfacciare e di mettere in collegamento il computer ed il microcontrollore, per permetterne la comunicazione.

IL PROGRAMMATORE

Alcuni tipi di programmatore ogni tanto possono presentare dei problemi nel funzionamento. Essi di solito risiedono nella alimentazione del microcontrollore. Se essa è inadeguata o insufficiente, difficilmente il pic potrà funzionare.

E di solito la colpa di tutto viene attribuita proprio al componente fondamentale, considerandolo difettoso. I programmatori

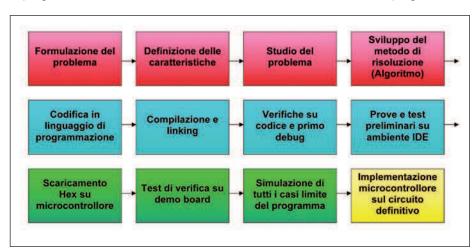



Figura 1: fasi per realizzare un programma per microcontrollore.

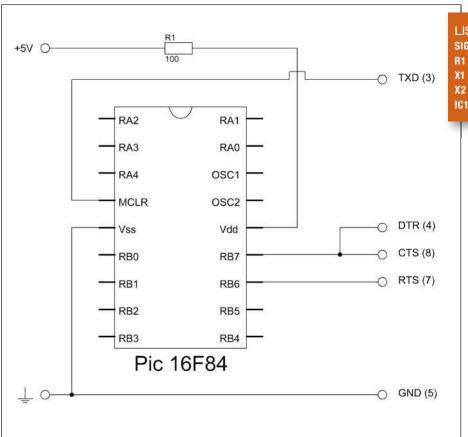



Figura 2: schema elettrico del programmatore.

LISTA COMPONENTI

SIGLA	VALORE
R1	100 Ω 1/4 W
X1	Morsetto da c.s. a 5 posti (oppure 2+3)
X2	Morsetto da c.s. a 2 postii
IC1	Zoccolo per Pic

Figura 4: circuito stampato lato rame.

Figura 5: disposizione componenti.

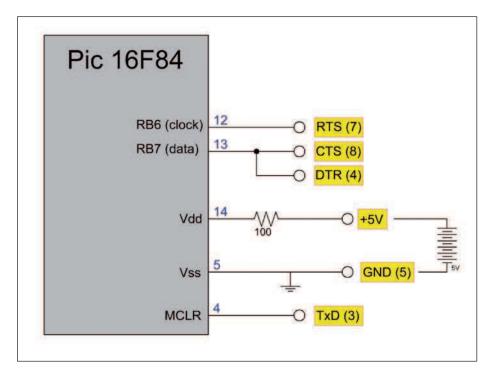



Figura 3: connessioni del programmatore.

più costosi posseggono una importante caratteristica: quella di alimentare il micro con delle tensioni stabili e sufficienti. Molti programmatori economici (tra cui il nostro) non garantiscono una adeguata tensione di alimentazione pertanto, di tanto in tanto, si potrebbero riscontrare piccoli problemi nello scaricamento del software, peraltro facilmente risolvibili. Ma il gioco ne vale la candela. Con circa due euro di spesa, si può approntare in mezz'ora il prototipo che, ricordiamo, funziona abbastanza bene, ma è sempre da considerarsi come uno strumento d'emergenza. Quello che andiamo a proporre è senza dubbio il più semplice programmatore di microcontrollore esistente, in quanto utilizza solo una resistenza come componente elettronico. Si collega direttamente alla porta seriale del computer ed è alimentato con una tensione di 5V.

Figura 6: vista 3D del circuito.

Figura 7: assemblaggio e collegamenti.

Figura 8: saldature sul connettore seriale DB9.

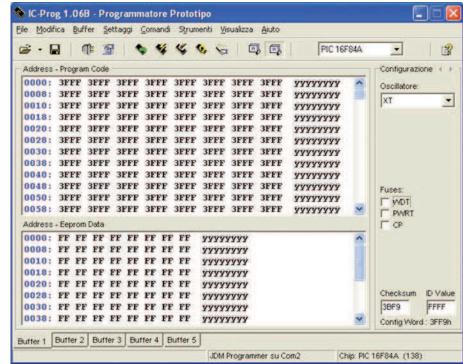



Figura 9: la schermata principale di IC-Prog.

SCHEMA ELETTRICO

Parlare di schema elettrico è probabilmente eccessivo, in quanto le componenti elettroniche sono ridotte all'osso. L'intero circuito è formato infatti da uno zoccolo che ospita il microcontrollore, da una resistenza da 100 ohm, da una fonte di alimentazione e dal connettore seriale. La porta RB6 del pic (pin 12) è collegata direttamente al terminale RTS della seriale (piedino 7) e trasporta il segnale di clock.
La porta RB7 del pic (pin 13) è collegata ai terminali DTR e CTS della seriale (rispettivamente piedino 4 e 8) e trasporta il segnale dei dati. Il Pin Vss del pic (pin 5) è collegato direttamente alla massa GND della seriale (piedino 5) e alla massa del generatore di tensione di 5V. La porta MCLR del pic (pin 4 reset) è collegata al terminale TxD della seriale (piedino 3). Infine il pin VDD del pic (pin 14) è collegato alla sorgente di alimentazione di 5V tramite la resistenza per assicurare un potenziale continuo al microcontrollore. In teoria si può anche usare una batteria da 4,5V. La resistenza da 100 ohm (o anche meno, fino a 56 ohm) in serie all'alimentazione fornisce un minimo di protezione al circuito, limitando la corrente.

TABELLA 1: le connessioni da rispettare per poter utilizzare lo schema anche per altre tipologie di micro.

FUNZIONE	PIC 40 PIN	PIC 28 PIN	PIC 18 PIN	PIC 8 PIN
Data	40	28	13	7
Clock	39	27	12	6
Vdd	11, 32	20	14	1
MClr	1	1	4	4
Vss o GND	12, 31	8, 19	5	8

CIRCUITO STAMPATO

La sua realizzazione è molto semplice e richiede poco tempo. Può essere realizzato su millefori oppure tramite trasferibili o, meglio ancora, con fotoincisione. La foratura non comporta particolari problemi, dal momento che i fori da realizzare sono poco numerosi.
Una volta preparato lo stampato, si possono saldare i componenti, iniziando dalla resistenza, che ha il profilo più basso, lo zoccolo per il Pic e infine i morsetti da c.s.

Alcuni prrogrammatori per PIC commerciali

Figura 10: la configurazione Hardware di IC-Prog.

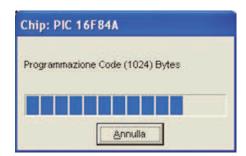



Figura 11: programmazione in corso.

IL SOFTWARE PER LA PROGRAMMAZIONE

Sulla rete Internet esistono una miriade di programmi ed utility per programmare facilmente un microcontrollore. La maggior parte di essi ha pure licenza freeware, pertanto liberamente utilizzabile e distribuibile. Le prove effettuate per la programmazione di un microcontrollore sono cadute sull'intramontabile programma IC-Prog. Lo si può scaricare dal sito http://www.ic-prog.com/. E' semplice e di sicuro funzionamento. Inoltre prevede moltissime tipologie di Microcontrollori e memorie Eeprom. Affinché il programma funzioni correttamente, si deve configurare correttamente, secondo alcune specifiche richieste.

Impostazioni utili delle Opzioni

- Scheda Conferme: tutto disattivato;
- Scheda Notifiche: tutto disattivato;
- Scheda I2C: tutto disattivato;
- Scheda Programmazione: attivare solo "Verifica durante la programmazione";
- Scheda Shortcuts: lasciare immutato;
- Scheda Drag & Drop: lasciare immutato;
- Scheda SmartCart: lasciare immutato;
- Scheda Lingua: Italiano;
- Scheda Shell: lasciare immutato;
- Scheda Misc: lasciare immutato.

UTILIZZO

E' adesso possibile utilizzare il programmatore. Si colleghi il connettore seriale alla omonima porte del PC. Si ci assicuri quindi del suo identificativo (COM1, COM2, ecc...) ai fini della corretta configurazione. Nel caso il software non riuscisse a comunicare con il programmatore, si può rallentare il flusso dei dati trasmessi, alzando il *delay time* presente nella finestra di configurazione hardware.

ALTRI MODELLI DI PIC

In taluni casi è possibile programmare con successo anche altre famiglie di microcontrollori della Microchip. E' sufficiente infatti determinare le corrispondenze dei pin e adattare di conseguenza lo schema elettrico. In **tabella 1** sono riportate le connessioni da rispettare per poter utilizzare lo schema anche per altre tipologie di micro.

CONSIGLI E CONCLUSIONI

Bene, il programmatore realizzato costituisce sicuramente un accessorio di emergenza, ma che non farà rimpiangere altri prototipi più blasonati e costosi, anzi darà molte soddisfazioni per il suo funzionamento.Naturalmente, per la sua grande semplicità, potrebbe sollevare qualche difficoltà iniziale per la sua configurazione hardware ma, superata questa barriera preliminare, il circuito funzionerà egregiamente. Elenchiamo di seguito qualche semplice consiglio, per agevolare al massimo la comunicazione ottimale tra il software e l'hardware:

- usare una fonte di alimentazione ben carica, come una batteria alcalina di 4,5V;
- in caso di mancato funzionamento, provare ad utilizzare un alimentatore di 5V ben stabilizzati e filtrati (magari la stessa alimentazione del PC...);
- l'utilizzo sulla seriale dei computer portatili potrebbe essere alquanto difficoltoso;
- in caso di mancato funzionamento provare diversi valori di I/O *delay*, iniziando dal valore maggiore, quindi più lento;
- prevedere l'accesso alla seriale tramite API di Windows;
- adottare, come ultimo tentativo, un altro software diverso da IC-Prog. ❑

CODICE MIP 2772488

di FRANCESCO FICILI

Metro ad ultrasuoni CON PIC18F2525

In questo articolo descriveremo la realizzazione di un semplice metro ad ultrasuoni, sfruttando un PIC della serie 18 e, come elemento sensibile, un sensore ad ultrasuoni per applicazioni robotiche. Il progetto, oltre a fornire come risultato un pratico oggetto di misura, risulta molto interessante anche dal punto di vista didattico

Il progetto pratico proposto questo mese ha il duplice scopo di guidare il lettore nella realizzazione di un progetto con alto contenuto didattico, che permetta di incrementare le conoscenze di programmazione di microcontrollori in C e di realizzazione di sistemi embedded, ed, allo stesso tempo, di portare alla realizzazione di un oggetto che possa anche essere utile nella vita di tutti i giorni. L'oggetto di cui verrà descritta passo passo la realizzazione è un metro ad ultrasuoni. Da diversi anni questi oggetti sono largamente utilizzati come strumenti di misura, il più delle volte in sostituzione del classico metro rigido o del flessometro. Esistono inoltre campi di applicazione (in generale nel campo del monitoraggio remoto e del settore industriale) dove l'uso di tali oggetti è addirittura imprescindibile, trattandosi in generale di applicazioni in cui la misura viene realizzata in maniera auto-

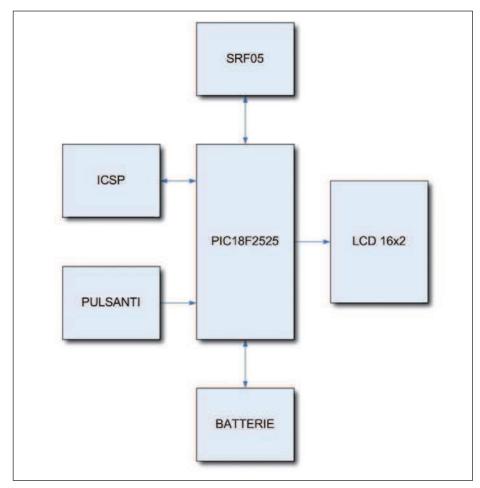



Figura 1: schema concettuale dell'Hardware.

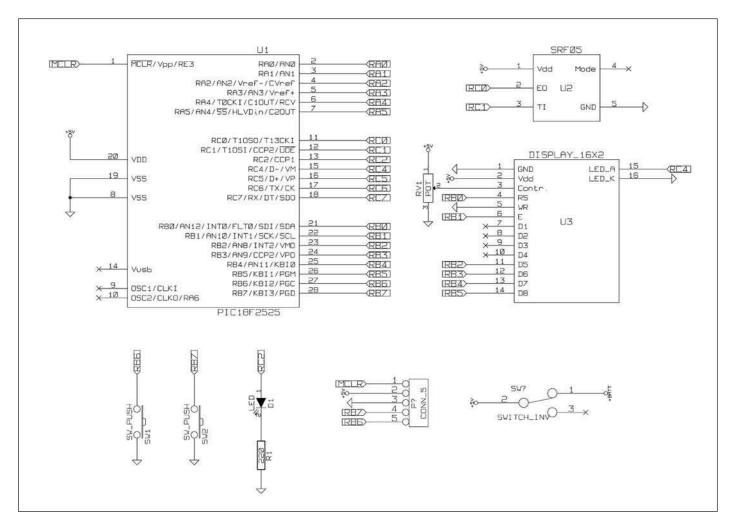



Figura 2: schema elettrico del metro ad ultrasuoni.

matica e poi, in genere, postprocessata da un elaboratore o un dispositivo embedded. Per la realizzazione del prototipo ci siamo serviti di un sensore ad ultrasuoni della Devantech (l'SRF05), ben noto agli hobbisti che si interessano di robotica, di un display LCD per la visualizzazione dei dati e naturalmente del nostro fido RISC (nel caso specifico un PIC18F2525), oltre ad un po' di elettronica di contorno.

SCHEMA ELETTRICO

Analizziamo a questo punto le scelte di progetto effettuate per la realizzazione del progetto proposto in questo articolo. In **figura 1** è rappresentato lo schema concettuale del circuito. Il microcontrollore scelto è un PIC della serie 18, nello specifico un PIC18F2525, dispositivo *general purpose*, con dotazione base di periferiche. Questo piccolo microcontrollore è dotato di 48K di Flash e 4K di DRAM, oltre che delle periferiche standard della serie 18, ossia porte di comunicazione USART, I2C ed SPI, convertitore A/D a 10-bit e modulo CCP (Capture Compare PWM).

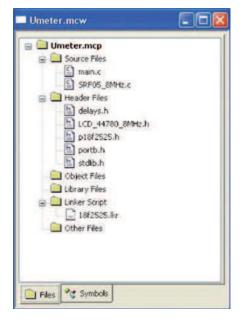
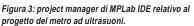
Volendo realizzare un oggetto funzionale, che possa essere agevolmente utilizzato per effettuare misure si è optato per l'alimentazione a batterie (visti anche i bassi consumi). Il pacco batterie utilizzato è composto da 4 batterie stilo ricaricabili, che a piena carica forniscono una tensione di circa 5 V, scaricandosi progressivamente durante l'utilizzo.

Il sensore ad ultrasuoni scelto è l'SRF05, prodotto dalla Devantech. I sensori Devantech sono da anni tra i sensori più diffusi per applicazioni robotiche e non, sono caratterizzati da un'ottima affidabilità e sono ultracollaudati. La linea è molto ampia con sensori di caratteristiche differenti che soddisfano praticamente ogni esigenza. L'SRF05 è uno dei prodotti Devantech che offre uno dei rapporti qualità-prezzo più interessanti, è semplice da utilizzare e sufficientemente robusto ed affidabile.

TABELLA 1:
Funzioni dei PIN del PIC18F2525

PIN	FUNZIONE
RB0 – RB5	Gestione LCD alfanumerico
RC0, RC1	Gestione SRF05
RB6, RB7	Gestione Pulsanti

Figura 3: project manager di MPLab IDE relativo al progetto del metro ad ultrasuoni.

Figura 4: uso dell' SRF05 in modalità 1.

Infine la scheda è stata dotata di una interfaccia utente minimale, costituita da una coppia di pulsanti miniatura da stampato, e da un display LCD 16x2. I pulsanti vengono utilizzati per la navigazione all'interno dei menù e per impartire i comandi, mentre al display è deputata l'output visivo dei risultati. Per minimizzare il numero di componenti esterni i pulsanti sono stati collegati a due pin della porta B (RB8, RB6), porta dotata di una rete di pull-up integrata, risparmiando così l'uso di due resistenze esterne. Non manca, infine, la porta ICSP (In circuit serial programmino) utilizzata per la programmazione del PIC.

In **figura 2** è riportato lo schema elettrico relativo al progetto.

IL PIC18F2525

Il microcontrollore utilizzato in questo progetto è il PIC18F2525, dispositivo di media taglia prodotto da Microchip Technology. Si tratta essenzialmente di un RISC ad 8-bit con dotazione standard, che risulta molto pratico in progetti che non richiedono periferiche o funzioni particolari, in virtù del basso costo, della fa-

LISTATO 1

```
/** G L O B A L  V A R I A B L E S **********************************************/
unsigned char distance;
char result [8];
char *vPtr;

/** P R I V A T E  P R O T O T Y P E S ******************************************/
// Processor function
void InitSystem (void);
unsigned char Distance(void);

/** D E F I N E S ***************************************************************/
#define mInitLED()                TRISCbits.TRISC3 = 0;
#define LED                       PORTCbits.RC3
#define mInitBacklight()          TRISCbits.TRISC4 = 0;
#define Backlight                 PORTCbits.RC4
#define mInitSRF05()              TRISCbits.TRISC0 = 1; TRISCbits.TRISC1 = 0;
#define mInitAllSwitch()          TRISBbits.TRISB7 = 1; TRISBbits.TRISB6 = 1;
#define sw1                       PORTBbits.RB7
#define sw2                       PORTBbits.RB6
```

Figura 5: il prototipo in funzione.

cile reperibilità e della semplicità d'uso. In **figura 6** è riportato il pin diagram del dispositivo. In **tabella 2** sono riportate le caratteristiche principali del dispositivo.

IL SENSORE AD ULTRASUONI SRF05

Il sensore ad ultrasuoni utilizzato è il Devantech SRF05. Le caratteristiche di questo interessante dispositivo sono elencate in **tabella 3**.

Il funzionamento dell'SRF05 è molto semplice, a seguito dell'invio di un impulso di trigger, il modulo invia un burst di impulsi ad ultrasuoni e si mette in attesa della ricezione dell'eco, attivando contemporaneamente un timer. Una volta ricevuto l'impulso di ritorno, il timer viene stoppato ed il dato sulla distanza viene inviato sulla linea dati, sottoforma di un impulso di durata proporzionale alla distanza rilevata. Le **figure 7** e **8** rappresentano, rispettivamente il pinouts del dispositivo ed il diagramma di radiazione.

FIRMWARE

Il firmware con cui è stato programmato il PIC18F2525 è stato realizzato in C, in particolare tramite la versione student del compilatore C18, proprietario Microchip. Come ambiente di sviluppo è stato utilizzato MPLab IDE 8.10. In **figura 3** è riportata la finestra del project manager per il progetto del metro ad ultrasuoni. Vediamo adesso alcuni dettagli realizzativi

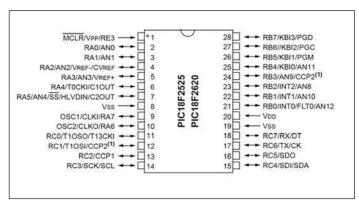



Figura 6: pin diagram del PIC18F2525.

delle parti più importanti del firmware, in modo da comprendere il codice che ha portato alla realizzazione di quest'oggetto. La parte iniziale del codice contiene tutte le dichiarazioni di variabili, costanti e funzioni che verranno poi utilizzate successivamente. Il **listato 1** riporta alcune di queste dichiarazioni, mentre in **tabella 1** sono riportate le funzioni dei pin del PIC18F2525. Una parte molto importante del firmware è, naturalmente, l'interrogazione e la lettura dei dati provenienti dal sensore ad ultrasuoni. In questo progetto l'SRF05 è stato utilizzato in modalità 1, ossia con pin separati per l'invio dell'impulso di trigger e per la lettura dell'impulso di eco. Il funzionamento è molto semplice: per richiedere l'effettuazione di una misura viene inviato sul canale di trigger un impulso della durata di 10 us, e viene successivamente letta la durata dell'impulso di eco, proporzionale alla distanza rilevata, come rappresentato graficamente in **figura 4**. Vediamo adesso come è stato tradotta questa procedura in C18. Per inviare il comando di inzio misura al sensore si porta alta il pin contrassegnato come trigger per un tempo pari a 30 microsecondi. Il PIC lavora ad una frequenza di 8MHz (utilizzando l'oscillatore interno), quindi per ottenere questo impulso si utilizza un ritardo software pari a 60 cicli di clock. Una volta inviato l'impulso non resta che misurare l'eco di risposta dell'SRF05. Per farlo viene utilizzato il contatore counter, che si incrementa ogni 62 microsecondi (124 cicli di clock), ossia il tempo dell'impulso di eco che corrisponde ad una distanza di 1cm. La variabile counter è stata dichiarata come unsigned char (può quindi essere rilevata una distanza massima di

TABELLA 2 Caratteristiche principali del PIC18F2525

PARAMETER NAME	VALUE
Program Memory Type	Flash
Program Memory (KB)	48
CPU Speed (MIPS)	10
RAM Bytes	3,968
Data EEPROM (bytes)	1024
Digital Communication Peripherals	1-A/E/USART, 1-MSSP(SPI/I2C)
Capture/Compare/PWM Peripherals	2 CCP
Timers	1 x 8-bit, 3 x 16-bit
ADC	10 ch, 10-bit
Comparators	2
Temperature Range (C)	-40 to 125
Operating Voltage Range (V)	2 to 5.5
Pin Count	28

LISTATO 2

```
unsigned char Distance (void)
{
unsigned char counter;

Trigger = 1;
Delay10TCYx(6);
Trigger = 0;

while (Eco == 0);

while (Eco == 1)
{
counter++;
Delay10TCYx(12);
Delay1TCY();
Delay1TCY();
Delay1TCY();
Delay1TCY();
}

Delay1KTCYx(30);

return counter;
}
```

LISTATO 3

```
while(1)

{

while (sw1 == 1)
{
if (sw2 == 1)    Backlight=0;
Else
Backlight = 1;

}
distance = Distance();
vPtr = itoa(distance,result);

LED = 1;
ClearLCD();
HomeLCD();
WriteStringLCD("DISTANCE: ");
WriteVarLCD (vPtr);
Delay1KTCYx(200);
Delay1KTCYx(200);
Delay1KTCYx(200);
LED = 0;
}
}// End Main()
```

TABELLA 3 Caratteristiche tecniche del sensore SRF05

Tensione Operativa	**5V**
Corrente Operativa Tipica	**4mA**
Frequenza	**40 Khz**
Portata	**1cm - 4mt**
Impulso di ritorno	**Segnale TTL positivo, di durata proporzionale alla distanza rilevata.**
Trigger di Input	**Impulso TTL di durata minima di 10 uS.**
Modalità di funzionamento	**Pin singolo per trig/echo o 2 Pin SRF04 compatibile.**
Dimensioni	**43 x 20 x H 17 mm**

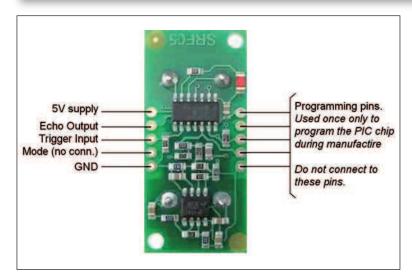



Figura 7: pinouts del modulo SRF05.

Figura 8: diagramma di radiazione del modulo SRF05.

2,5 metri, distanza oltre la quale il sensore perde in precisione). L'incremento del contatore è vincolato da un ciclo while alla condizione Eco = 1, quindi appena l'impulso di ritorno termina viene interrotto il conteggio e viene riportato il risultato della misura (return counter), naturalmente in centimetri. Il **listato 2** rappresenta il codice C18 che implementa quanto descritto in precedenza.

Vediamo adesso come è stato strutturato il ciclo di misura e visualizzazione dei dati, che costituisce anche il ciclo principale del firmware, aiutandoci con il **listato 3**. Come si può vedere, è stato utilizzato un ciclo while bloccante (subordinato alla pressione del pulsante 1) per sospendere il ciclo while principale. In questo modo, alla pressione del pulsante 1 viene effettuata una misura, ed il risultato viene rappresentato sul display LCD, facendo uso delle funzioni di conversione integrate nelle librerie del C18, per convertire il dato numerico in formato ASCII.

In **figura 5** è riportata un'immagine del prototipo, dopo l'effettuazione di una misura. Il display LCD mostra la distanza rilevata dal sensore in cm. ❑

CODICE MIP 2772558

NOKIA SIEMENS NETWORKS pubblica dati sull'efficienza energetica

Nokia Siemens Networks, colosso mondiale delle reti di telecomunicazioni nato dalla fusione tra Nokia e Siemens, presenta per prima i dati di assorbimento energetico della sua FLEXI EDGE BASE STATION, stazione base per reti GSM. In accordo con le nuove specifiche tecniche dell'Istituto Europeo per gli Standard delle Telecomunicazioni (ETSI), che permettono di comparare tra loro le prestazioni e l'efficienza degli apparati dei vari Produttori, con l'obiettivo dichiarato del risparmio energetico degli Operatori, Nokia ha applicato una metodica standardizzata per il calcolo dell'efficienza degli apparati wireless. Nella configurazione tipica di 3 settori e 4 carrier per settore, la Flexi EDGE Base Station assorbe una potenza media di 978 W, mentre attivando vari algoritmi software di risparmio, il consumo energetico scende a 833 W pur mantenendo prestazioni elevante, riuscendo in alcuni casi a scendere addirittura a 562 W riducendo la configurazione a 2 carrier per settore.

CODICE MIP 2790461

Misure di Potenza con AGILENT

AGILENT Technologies di Santa Clara, California, espande la sua già ampia e famosa gamma con tre nuovi prodotti nel settore delle misure, mostrando, secondo Ee Huei Sin, Vice Presidente e General Manager della divisione Basic Instruments, la costante attenzione verso la propria Clientela ed il continuo impegno del Brand californiano per soluzioni all'avanguardia. Il misuratore di potenza media RF a termistore N432A è a singolo canale e rimpiazza il classico strumento 432A, estendendone le funzioni a partire dal display LCD a colori, fino ad una tabella integrata di coefficienti di taratura, con un'interfaccia intuitiva del pannellino frontale, rendendolo lo strumento ideale per i laboratori di metrologia e calibrazione, capace di misurazioni accurate fino allo 0,2% per frequenze da 1 MHz a 18 GHz e potenze comprese fra -30 dBm e +10 dBm. Lo strumento precedente può essere combinato con i nuovi sensori di potenza della serie N8488A, accoppiati in alternata, che detengono il primato del più vasto range di frequenze tra i prodotti industriali, coprendo il campo da 10 MHz a 67 GHz con la ben nota linearità (<1%) presentata anche dalla precedente serie N8480, conservando al loro interno una EEPROM integrata per tarature più rapide ed efficaci. Invece una soluzione compatta e portatile per la misura della potenza media può essere data dai sensori della serie U2000, che hanno un connettore USB per interfacciarli direttamente ad un PC senza necessità di uno strumento esterno.

Tutta la serie (ad eccezione del modello U2004A) presenta una funzionalità di trigger interno capace di detectare l'inviluppo di un segnale a burst impulsivo senza bisogno di dover ricorrere ad un trigger esterno e fornisce anche la possibilità di visualizzazione della traccia, per mostrare in tempo reale sul monitor del PC l'inviluppo del segnale ed guidare così l'impostazione del gate e del trigger per i segnali impulsivi. Gli utilizzatori di questi sensori di potenza possono scaricare gratuitamente il nuovo firmware.

CODICE MIP 2789927

CONTROLLORI CIRRUS LOGIC NEL CATALOGO FARNELL

Farnell, distributore multicanale di prodotti elettronici e componenti industriali, continua l'espansione della gamma di prodotti di supporto ad una progettazione economica e alta efficienza energetica. La più recente aggiunta sono i controllori del fattore di potenza (PFC) nei modelli CS1500 e CS1600 Questi nuovi dispositivi, ideali per alimentatori e ballast, sono i primi PFC digitali a superare i modelli analogici sia in termini di performance che di prezzo. Grazie a completi ed esaustivi dati tecnici, al supporto tecnico e ai gruppi di discussione su element14, il portale tecnologico e community virtuale di Farnell, i progettisti elettronici possono accedere ad oltre 200 prodotti della gamma di componenti Cirrus Logic per applicazioni relative ad audio e energia. I PFC CS1500 e CS1600 migliorano il livello di efficienza energetica in tutte le condizioni di carico, e semplificano la progettazione dei sistemi grazie ad una riduzione di più del 30% del numero di componenti esterni. "I requisiti normativi che riguardano l'efficienza energetica hanno reso ancora più necessari dei controllori PFC ad alta performance e a prezzi competitivi," ha commentato Stefano Noseda, General Manager Farnell Italia. "In linea con la transizione dai PFC analogici a quelli digitali, questi nuovi prodotti, che Farnell è lieta di poter mettere a disposizione dei progettisti, definiscono lo standard in questo importante settore di mercato."

CODICE MIP 2790467

Il nuovo sintetizzatore di frequenza PLL

Peregrine Semiconductor Corporation, uno dei fornitori leader di RF CMOS di alte prestazioni e IC mixed-signal per comunicazioni, ha annunciato oggi due nuovi dispositivi nella sua ormai largamente nota famiglia di sintetizzatori di frequenza Phase-Locked Loop (PLL). Questi RFIC UltraCMOS™ soddisfano pienamente le esigenze di basso consumo, phase noise ultra basso, soluzioni PLL multiprogrammabili per esigenze militari, infrastrutture cablate a banda larga, e infrastrutture wireless. Il PE33361 Integer-N PLL e il PE33631 Delta-Sigma Modulated (DSM) Fractional-N PLL sono i primi dispositivi ad essere completamente sviluppati nella nuova, e recentemente annunciata, struttura di progettazione e produzione Europea di Peregrine . I PLL operano su un ampio range di frequenza che va da 50Mhz fino a 3,5 GHz, costituendo una soluzione RF di alte prestazioni per applicazioni particolarmente esigenti, come come stazioni base cellulari, decoder CATV, apparecchiature per test e misurazioni, sistemi di comunicazioni basati du WiMax e radio point-to-point dove la scalabilità di sistema sia la chiave per il perfezionamento dei progetti.

CODICE MIP 2789933

NUOVA SERIE DI GENERATORI DI SEGNALI **ANRITSU**

È stata presentata a Morgan Hill, California, la nuova serie di generatori di segnali RF/Microwave ANRITSU MG3690C, che raggiungono le migliori prestazioni di settore per basso rumore di fase nella generazione in banda larga, fornendo la possibilità di condurre misure di alta accuratezza su sistemi e apparati sotto test, specialmente in applicazioni di generazione di clock e di oscillatori locali. Le prestazioni globali rendono questi generatori adatti per testare molteplici componenti nel campo delle microonde, sistemi e sottosistemi durante la fase di sviluppo e produzione, fino alle simulazioni nel settore radar e telecomunicazioni. Capaci di sintetizzare segnali da 0,1 Hz a 70 GHz, partendo dalla banda base, passando per le IF, RF ed arrivando fino alle microonde, permettono con un solo strumento di ottimizzarne l'uso, riducendo i costi delle prove. In ultimo, l'accuratezza del clock dello strumento ed il suo intrinseco basso jitter, uniti ad un livello impostabile di rumore di fase di -115 dB/Hz (@ 20 GHz con 10 kHz di offset), lo rendono adattissimo in applicazioni di test per comunicazioni digitali.

CODICE MIP 2789925

TECNICHE di MODULAZIONE DIGITALE

Analisi dettagliata delle caratteristiche e delle applicazioni di alcune tecniche di modulazione digitale, dalla teoria fino alle applicazioni che le utilizzano

Un canale di tipo passa banda, come per esempio l'etere, non permette la trasmissione di segnali digitali in banda base, cioè non modulati. E' quindi necessario introdurre una modulazione per traslare lo spettro del segnale digitale da trasferire, in modo che la banda del segnale modulato rientri in quella di trasmissione del canale. Questo tipo di modulazione viene definito digitale in quanto i parametri che regolano la modulazione (ampiezza, frequenza, fase) non variano in modo continuo (come accade per le modulazioni analogiche), ma possono assumere solo un numero discreto di valori, ciascuno dei quali costituisce uno "stato" in cui si può trovare il segnale modulato.
Come per le modulazioni analogiche, anche per quelle digitali si hanno tre tecniche di modulazione, di ampiezza, frequenza e fase, che eventualmente possono essere combinate tra loro per ottenere modulazioni più complesse, ma più dense di informazioni. Con il passaggio da analogico a digitale, si nota che la velocità di trasmissione (Vtr) sarà espressa in bit/secondo (bps) oppure in baud.
Con bit al secondo si indica il numero di possibili livelli logici (bit) trasmessi nell'unità di tempo. Con baud si indica il numero di elementi significativi trasmessi nell'unità di tempo. Se gli elementi significativi trasmessi sono solo 0 e 1, la velocità in baud coincide con quella in bit/secondo.

MODULAZIONE DI AMPIEZZA

La modulazione di ampiezza ASK (Amplitude Shift Keying) consiste nell'associare ai simboli binari 0 e 1 due ampiezze distinte della portante. Nella **figura 1** si mostrano le forme d'onda tipiche per la modulazione ASK, nella quale si è asso-

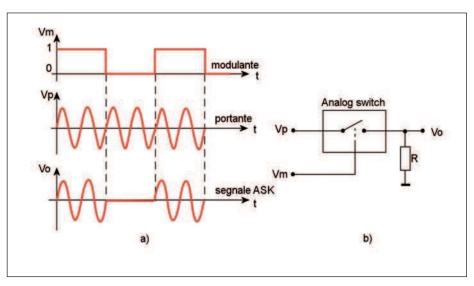



Figura 1: modulazione di ampiezza.

di MAURIZIO DI PAOLO EMILIO

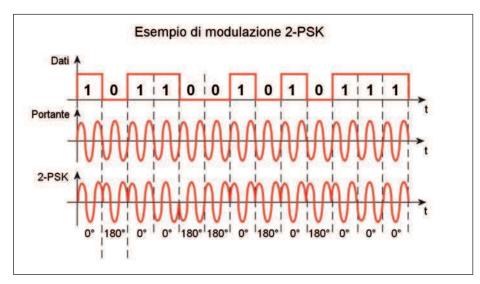



Figura 2: modulazione 2-PSK.

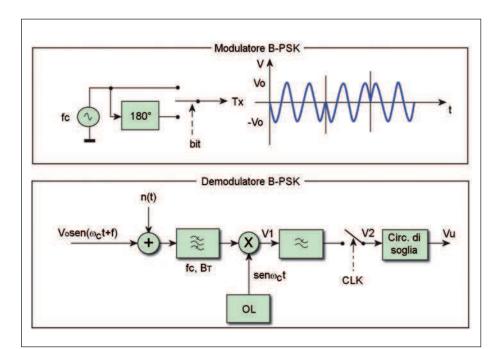



Figura 3: modulatore e Ricevitore 2-PSK.

ciato al livello alto la presenza della portante e a quello basso il segnale nullo. In tal caso, la modulazione è denominata OOK (On Off Keying). La modulazione OOK ricorda la trasmissione dati con il codice Morse. La modulazione ASK presenta diversi inconvenienti legati prevalentemente al basso rapporto segnale/rumore (S/N) che si riesce a ottenere e pertanto è poco utilizzata. E' invece molto diffusa nelle modulazioni miste, in cui una parte dell'informazione è trasmessa tramite salto dell'ampiezza della portante e un'altra parte è trasmessa tramite variazioni di fase dello stesso segnale portante.

MODULAZIONE DI FASE

La modulazione PSK (Phase Shift Keying) consiste nel modificare la fase della portante. La modulazione PSK è una modulazione digitale di fase direttamente derivante dalla PM analogica. Nella PSK la portante è trasmessa con valori di frequenza e ampiezza costanti, mentre ciò che viene variato in relazione all'informazione digitale modulante è il valore della fase. La modulazione digitale di fase può essere applicata in vari modi, il più semplice è quello denominato 2-PSK (o B-PSK, bipolar PSK), ma si utilizzano molto spesso anche la 4-PSK e la 8-PSK, ognuna delle quali può essere realizzata a sua volta con diverse modalità e/o in combinazione con modulazione di fase o frequenza **(figura 2** e **3)**. La tecnica di modulazione PSK si può distinguere in bifase (o 2-PSK) e polifase differenziale multilivello MPSK (Multilevel Phase Shift Key). Nella B-PSK (binary PSK o 2-PSK), la portante viene trasmessa con ampiezza costante, ma i due livelli di presenza o assenza di impulso (1 e 0) sono caratterizzati da una differenza di fase di 180°, come riportato in **figura 2**. Si parla invece di modulazione MPSK quando i salti di fase del segnale della portante sono più di due. In questo caso, i salti di fase possono essere 4 oppure 8 e associati a un particolare gruppo o sequenza di bit da trasmettere. La modulazione MPSK, che adotta 4 o 8 salti di fase, viene indicata rispettivamente con la sigla 4-PSK e 8-PSK. Tali tecniche trovano impiego nel campo della trasmissione dati e in quello dei ponti radio numerici. Tramite la modulazione PSK i dati da trasmettere, di tipo digitale, vengono trasformati in segnali analogici, cioè in segnali sinusoidali discontinui in fase. Tale conversione digitale-analogica serve per rendere adatto il segnale e poterlo trasmettere in un mezzo di tipo analogico, come può essere una linea telefonica o un ponte radio. Per rendere chiaro il principio su cui si basa la tecnica PSK si fa riferimento al ciclo trigonometrico o piano delle fasi **(figura 4)**. Per riuscire a determinare i salti di fase della portante,sia in numero sia in valore (gradi), si suddivide il piano delle fasi in modo diverso, a seconda del numero delle fasi da associare al segnale dati, ma sempre in un numero di settori uguali. I settori pari al numero dei salti di fase della portante definiscono la modulazione PSK come segue:

- 2-PSK = 2 settori = 2 salti di fase (0°, 180°);
- 4-PSK = 4 settori = 4 salti di fase (0°, 90°, 180°, 270°);
- 4-PSK = 4 settori = 4 salti di fase (45°, 135°, 225°, 315°);

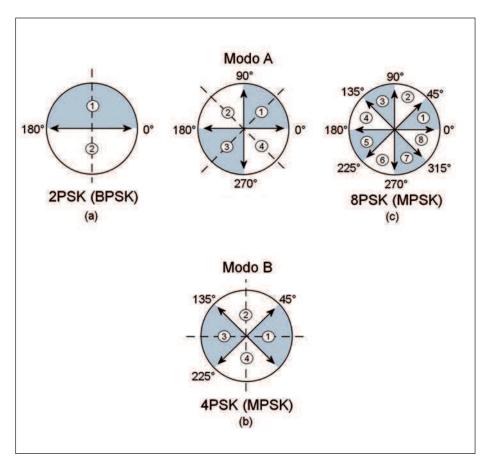



Figura 4: fase.

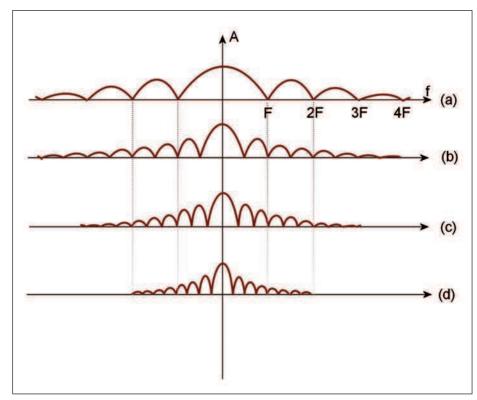



Figura 5: QAM-PSK.

- 8-PSK = 8 settori = 8 salti di fase (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°).

La modulazione che andremo ad analizzare associa a sequenze particolari di bit 16 salti di fase indicata con la sigla QAM-PSK o QPSK **(figura 8)**, la quale adotta una tecnica di modulazione mista, ossia di ampiezza in quadratura (Quadrature Amplitudine Modulation) e di fase PSK. In essa vengono impiegate due portanti sfasate di 90°. La modulazione QPSK viene impiegata in campi nei quali è richiesta una velocità di trasmissione elevata, ossia nei sistemi a 140 Mbit/s via ponte radio e 9600 bit/s via cavo. Il codice di trasmissione utilizzato è il quadribit, cioè i dati digitali seriali da trasmettere sono suddivisi in gruppi da quattro bit (N=4). Tale codice implica una velocità di modulazione ridotta di 1/4 rispetto alla velocità di trasmissione con cui fornisce i dati la sorgente, ossia:
Vmod=Vtr(bits)/4 [baud].
Ad esempio, alla velocità di trasmissione di 9600 bit/s corrisponde una velocità di modulazione di 9600/4=2400 baud.
Lo spettro emesso dal segnale, nonostante l'elevata velocità di trasmissione, è abbastanza contenuto, presentando una larghezza di banda molto più stretta rispetto al caso della tecnica 2-PSK **(figura 5)**.

MODULAZIONE DI FREQUENZA

La modulazione FSK (Frequency Shift Keying) consiste nell'assegnare al livello logico 0 e 1 dell'informazione da trasmettere due valori distinti di frequenze, fa e fb, simmetrici rispetto al valore fp della portante. Nella stessa figura è anche riportato lo schema di principio di un modulatore FSK. Generalmente si associa la frequenza più elevata fa>fp al livello basso Vm=0, mentre si fa corrispondere fb<fp al livello altoVm=1.
La quantità, denominata deviazione di frequenza, si calcola Af=fa-fp. In generale, la frequenza della portante fp è scelta in modo che fp>1/T, ove con T si indica la durata di un bit. In un modulatore FSK è importante che durante la transizione tra due frequenze fi e fs non vi sia variazione di fase, che potrebbe portare a un'errata codifica in ricezione e a una modifica dello spettro di frequenza del segnale mo-

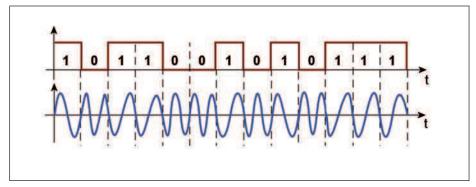



Figura 6: FSK.

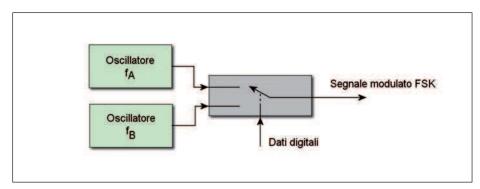



Figura 7: schema di FSK.

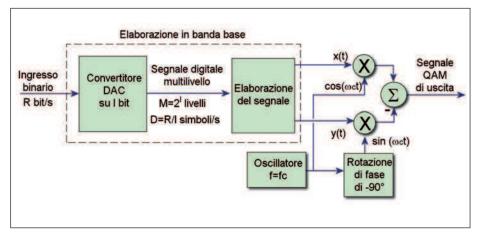



Figura 8: modulatore QAM.

dulato, con conseguente aumento della lunghezza di banda. Una modulazione FSK può essere realizzata con diversi metodi, uno dei più semplici ma poco utilizzato a causa della discontinuità di fase, è quello della commutazione tra le uscite di due oscillatori a frequenze diverse (fA e fB) operata dal segnale dati modulante: Tale soluzione tuttavia non è utilizzata molto di frequente perché non fornisce, se non mediante particolari accorgimenti, segnali con continuità di fase **(figura 7)**.

UNO SGUARDO ALLA TV

La televisione digitale sfrutta tecniche di modulazione diverse da quelle normalmente impiegate dalla televisione analogica e che a loro volta si differenziano per ogni modalità di trasmissione: terrestre, satellite o cavo. Ciò costringe di fatto a impiegare apparecchi riceventi diversi per ognuna di queste modalità. Per trasferire segnali televisivi a distanza, si sfrutta un processo chiamato modulazione con il quale il segnale televisivo, che sia analogico o digitale, sfrutta una portante (carrier) ad alta frequenza come mezzo di trasporto. Con questo sistema si possono trasferire informazioni video, audio e dati per lunghissime distanze come quelle che separano i satelliti dalla Terra (circa 36.000 km). Nelle trasmissioni per via terrestre viene impiegata la modulazione di ampiezza AM che è caratterizzata da una ridotta larghezza di banda del canale TV; infatti nel sistema PAL B/G, che è normalmente impiegato nelle trasmissioni terrestri italiane, a ogni canale TV viene assegnata una banda larga 7 MHz in banda VHF (Very High Frequency) e 8 MHz in banda UHF (Ultra High Frequency). Nelle trasmissioni TV analogiche via satellite viene impiegata la modulazione di frequenza FM che garantisce una maggiore qualità delle immagini rispetto ad AM, nonostante l'enorme distanza che separa il trasmettitore posto sul satellite dalla stazione ricevente, costituita dall'antenna sulla Terra. Nella modulazione FM la banda del canale è molto più ampia e può variare dai 26 ai 54 MHz. Le larghezze più usate per la diffusione diretta sono 27, 33 e 36 MHz. Quando un segnale televisivo digitale deve essere immesso in una rete via cavo si impiega la modulazione QAM (Quadrature Amplitude Modulation) in accordo con lo standard DVB-C (Digital Video Broadcasting-Cable). Questa modulazione è particolarmente adatta a essere impiegata nella distribuzione via cavo per la sua ridotta larghezza di banda e per la sua scarsa influenzabilità da parte dei fenomeni tipici delle reti via cavo, quali il return loss, gli echi (i segnali che raggiungono la fine del cavo possono generare un eco indietro verso la sorgente, disturbando la trasmissione), nonché le interferenze indotte dall'esterno. Se il segnale TV digitale deve essere diffuso per via terrestre, si richiede l'impiego di modulazioni digitali non influenzate da fenomeni di riflessione (come invece accade spesso per l'attuale trasmissione analogica) e quindi particolarmente robuste ai cammini multipli. Per questo scopo viene quindi adottata la modulazione COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing), in accordo con lo standard DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial). Le trasmissioni TV digitali via satellite impiegano la

modulazione QPSK (Quadrature Shift Keying) come previsto dallo standard DVB-S (Digital Video Broadcasting- Satellite), occupando la stessa banda di un canale analogico, ma permettendo di trasmettere su di esso più programmi televisivi grazie alle tecniche di compressione dei dati e agli algoritmi di correzione degli errori. Nel campo delle trasmissioni televisive digitali via satellite, la modulazione QPSK è stata scelta per la sua robustezza nei confronti del rumore, caratteristica importante vista la lunga tratta che deve percorrere il segnale per raggiungere le nostre antenne paraboliche (che sono di diametro ridotto). I parametri fondamentali su cui si basa la verifica della qualità di un segnale digitale sono i seguenti:

- livello;
- rumore;
- rapporto tra portante e rumore (carrier to noise C/N);
- tasso di errori di ricezione dei dati (bit error rate BER);
- margine di funzionamento (noise margin);
- cross-polarizzazione.

Livello: espresso in dBμV, è la potenza con cui giunge a noi il segnale satellite (in genere deve arrivare al ricevitore con un valore compreso tra 47 e 77 dBμV, da considerarsi ottimale un valore di 60 dBuV) e dipende dallo "spot" del satellite, dalla potenza del transponder in questione e ovviamente dalle dimensioni del disco parabolico ricevente.

Rumore: fenomeno che influenza sempre le trasmissioni via radiofrequenza. Il rumore arriva all'antenna insieme al segnale via satellite e nasce anche in ogni circuito elettronico, pertanto anche nel cavo (nella posa in opera e nelle sue componenti capacitive, induttive e resistive), nei connettori (nell'intestazione degli stessi) e nell'LNB (nella precisione dell'oscillatore locale), che si può considerare il primo responsabile di un eventuale degrado.

Un cavo coassiale a cui sono state fatte compiere curve dal raggio di curvatura troppo ridotto e i connettori "F" non correttamente installati possono causare il disadattamento d'impedenza, provocando delle perdite di segnale dovute a riflessione. Vi sono poi altre "fonti" legate all'aspetto ambientale che contribuiscono ad aumentare il degrado (ad esempio temporali).

C/N: per quanto riguarda la misura del rapporto "carrier to noise" (C/N), si può risalire alla natura stessa della misura. Questa viene eseguita confrontando due livelli di tensione, quello portante (carrier) e quel del rumore (noise). Il rapporto tra i due valori determina il valore di C/N. Con valori espressi in forma logaritmica, ovvero in decibel (db), basterà sottrarre il valore di N al valore di C (in genere deve essere intorno ai 15 dB al ricevitore).

BER: la misura di BER (Bit Error Ratio) necessita di uno strumento digitale ed è il parametro fondamentale per valutare la qualità di un segnale digitale ed esprime il rapporto, in termini di bit, tra le informazioni errate e le informazioni corrette ricevute. Tendenzialmente si può parlare di "Channel BER" quando la verifica viene fatta sul segnale digitale ricavato subito dopo il gruppo di sintonia (tuner) e quindi prima dell'applicazione dell'algoritmo convoluzionale di Viterbi; lo stesso segnale prende il nome di BER PRE VITERBI.

Questo segnale ha un'importanza fondamentale, in quanto fornisce direttamente un'indicazione della soglia del margine di ricezione anche in funzione delle condizioni meteorologiche, inoltre si può misurare in ogni parte dell'impianto, sia individuale che collettivo, allo scopo di individuare eventuali punti critici nella distribuzione dei segnali.

Noise Margin: il Noise Margin rappresenta il margine di rumore, ovvero la riserva di segnale utile che si ha in un impianto ricevente. Questo parametro è molto importante, in quanto si può valutare l'affidabilità dell'impianto nei confronti di fenomeni degradanti del segnale ricevuto. Si ha quindi un indice di protezione da degrado dovuto a condizioni di tempo avverse o da possibili interferenze. Questa misura è solitamente eseguita riferendosi a tabelle fornite dal costruttore del misuratore di campo.

Cross-polarizzazione: è l'allineamento dell'LNB rispetto ai piani di polarizzazione dei segnali in arrivo, influenza la sintonia e il margine di funzionamento.

In pratica occorre allineare i piani del segnale elettromagnetico orizzontale e verticale, in modo che coincidano con i due sensori inseriti all'interno dell'LNB, disposti il primo in orizzontale e il secondo in verticale. Per eseguire questa regolazione con un misuratore di campo è necessario osservare lo spettro radio e ruotare leggermente l'LNB nella sua sede, fino a quando le "punte" dei canali contropolari (cioè con polarizzazione opposta a quelli da ricevere) diventino le più basse possibili. ❑

CODICE MIP 2756807

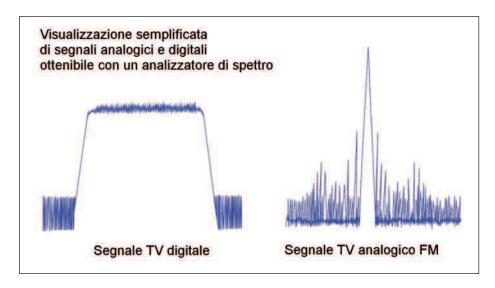



Figura 9: digitale vs analogico.

di IGINIO COMMISSO I2UIC

DECODIFICATORE di SUB-TONO

Un circuito da usare in abbinamento al generatore di sub-toni da 111 Hz (pubblicato su Fare Elettronica n. 275"). I possibili usi vanno dai sistemi telecomandati via radio, alla possibilità di apertura selettiva dello squelch con sub-toni non convenzionali

Per questo progetto è stato usato un solo integrato del tipi LMC567, la versione C/MOS del già noto ed anziano LM567 o NE567. Questo si compone di un oscillatore RC interno che viene comparato in PLL con un segnale in arrivo dall'esterno e, quando le due frequenze sono uguali, il pin 8 commuta dal livello alto a quello basso provocando l'accensione del LED.
Come alimentazione è stata impiegata una batteria ricaricabile al litio da 3,7 Volt, ma il circuito si presta benissimo anche ad essere alimentato con tensioni che vanno da 3 a 7 Volt. Nel caso in cui usiate una tensione diversa da 3,7V, dovrete ritoccare il valore di R1: ad esempio per i 5 volt questa resistenza potrà essere di 470 ohm. In ogni caso sarà bene avere sempre una tensione d'alimentazione stabilizzata, il che garantisce in particolare anche la stabilità dell'oscillatore interno di comparazione. l'uscita al pin 8 ha una buona potenza di pilotaggio, che permette di comandare direttamente anche un piccolo relay collegato al positivo dell'alimentazione. Per la variazione della frequenza di aggancio, oltre ad usare l'opportuno valore per C5, va messa la giusta resistenza tra i pin 5 e 6 visibili nello schema elettrico di **figura 2**. Nel nostro caso questa resistenza viene creata da V1 e R2, ove V1 è un micro potenziometro multigiri da 5 kohm e permette una variazione lineare micrometrica molto precisa.

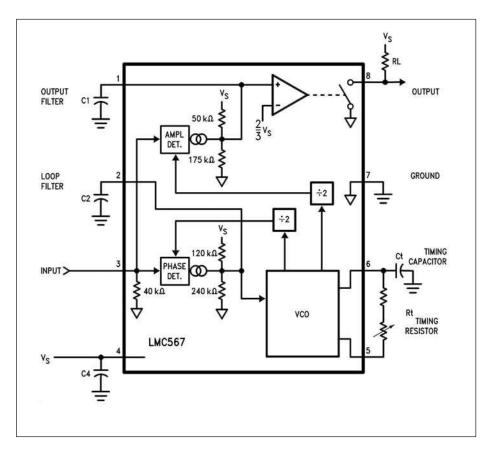
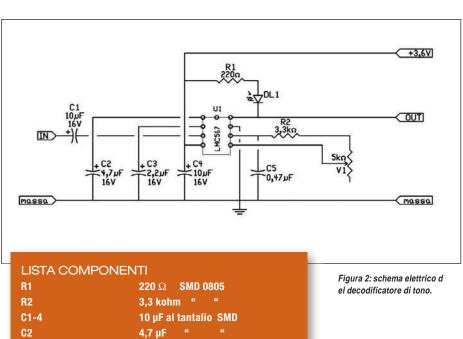



Figura 1: schema a blocchi dell'integrato C/MOS LMC567.

Figura 2: schema elettrico d el decodificatore di tono.

LISTA COMPONENTI

R1	220 Ω SMD 0805
R2	3,3 kohm " "
C1-4	10 μF al tantalio SMD
C2	4,7 μF " "
C3	2,2 μF " "
C5	0,47 μF ceramico SMD 1206
V1	5 kilohm trimmer multigiri SMD
U1	integrato LMC567 SMD

MONTAGGIO E TARATURA

Il montaggio viene fatto su di una piccola basetta monofaccia di mm. 27,3 X 17,15mm visibile in **figura 4**. Il posizionamento dei componenti è riportato in **figura 3**.

La saldatura dei componenti, non è poi così critica e va fatta con un saldatore a bassa potenza e punta fine. Fate attenzione che le saldature siano tutte calde e non vi siano cortocircuiti fra le piste. La maggiore attenzione va fatta saldando l'integrato, dato il minor spazio tra i reofori. I fili dei collegamenti esterni, vanno saldati nelle apposite piazzole di forma quadrata. Nella stessa basetta è previsto il led DL1, che sarà il nostro monitor del funzionamento. Passiamo ora alla fase più critica, e precisamente la taratura. Consigliamo di fare per prima una prerataratura, dando l'alimentazione e andando a leggere, col puntale di un frequenzimetro, il segnale presente sul pin 5 oppure 6. Al pin 5 vi sarà una robusta onda quadra, mentre sul pin 6, l'onda è triangolare. Tenete presente che la frequenza letta non è precisamente quella reale ma leggermente inferiore a causa della capacità parassite introdotta dal puntale del frequenzimetro. Comunque in ogni caso tale valore sarà molto vicino a quello teorico e basterà poi un piccolo ritocco di V1 per regolarlo definitivamente. La frequenza dovrà essere doppia rispetto a quella d'entrata. Se si usano gli stessi valori qui descritti, dato che la frequenza d'origine del trasmettitore pubblicato è di circa 111 Hz quella di questo integrato sarà quindi 222 Hz. Anche l'intensità del segnale d'entrata ha la sua importanza e questa viene regolata per ultima dalla parte trasmettitore. Il segnale d'entrata, lo si va a prelevare direttamente sul pin di ricezione dell''integrato demodulatore di BF evitando così l'effetto di eventuali filtri che, tagliando inesorabilmente le frequenze basse, non permetterebbero più l'aggancio. Ad esempio, se l'IC di ricezione è un MC3772, il pin sarà il n. 9. Quanto detto si riferisce a demodulatori per FM stretta, se invece il segnale è AM (vedi in particolare i CB), in questo caso il segnale lo si preleva dopo il diodo rivelatore ed è meno stabile del

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Input Voltage, Pin 3	2 V_{p-p}
Supply Voltage, Pin 4	10V
Output Voltage, Pin 8	13V
Voltage at All Other Pins	Vs to Gnd
Output Current, Pin 8	30 mA
Package Dissipation	500 mW
Operating Temperature Range (T_A)	−25°C to +125°C
Storage Temperature Range	−55°C to +150°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec.)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

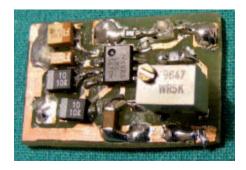
Electrical Characteristics

Test Circuit, T_A = 25°C, V_s = 5V, RtCt #2, Sw. 1 Pos. 0, and no input, unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ	Max	Units
I4	Power Supply Current	RtCt #1, Quiescent or Activated	V_s = 2V		0.3		mAdc
			V_s = 5V		0.5	0.8	
			V_s = 9V		0.8	1.3	
V3	Input D.C. Bias				0		mVdc
R3	Input Resistance				40		kΩ
I8	Output Leakage				1	100	nAdc
f_O	Center Frequency, $F_{osc} \div 2$	RtCt #2, Measure Oscillator Frequency and Divide by 2	V_s = 2V		98		kHz
			V_s = 5V	92	103	113	
			V_s = 9V		105		
Δf_O	Center Frequency Shift with Supply	$\frac{f_O\|_{9V} - f_O\|_{2V}}{7\, f_O\|_{5V}} \times 100$			1.0	2.0	%/V
V_{in}	Input Threshold	Set Input Frequency Equal to f_O Measured Above, Increase Input Level Until Pin 8 Goes Low.	V_s = 2V	11	20	27	mVrms
			V_s = 5V	17	30	45	
			V_s = 9V		45		
ΔV_{in}	Input Hysteresis	Starting at Input Threshold, Decrease Input Level Until Pin 8 goes High.			1.5		mVrms
V8	Output 'Sat' Voltage	Input Level > Threshold Choose RL for Specified I8	I8 = 2 mA		0.06	0.15	Vdc
			I8 = 20 mA		0.7		
L.D.B.W.	Largest Detection Bandwidth	Measure F_{osc} with Sw. 1 in Pos. 0, 1, and 2; L.D.B.W. = $\frac{F_{osc}\|_{P2} - F_{osc}\|_{P1}}{F_{osc}\|_{P0}} \times 100$	V_s = 2V	7	11	15	%
			V_s = 5V	11	14	17	
			V_s = 9V		15		
ΔBW	Bandwidth Skew	Skew = $\left(\frac{F_{osc}\|_{P2} - F_{osc}\|_{P1}}{2\, F_{osc}\|_{P0}} - 1\right) \times 100$			0	±1.0	%
f_{max}	Highest Center Freq.	RtCt #3, Measure Oscillator Frequency and Divide by 2			700		kHz
V_{in}	Input Threshold at f_{max}	Set Input Frequency Equal to f_{max} measured Above, Increase Input Level Until Pin 8 goes Low.			35		mVrms

Figura 5: le caratteristiche elettriche del LMC567. Si noti l'alta corrente di uscita e la precisione nell'aggancio della frequenza.

Figura 3: montaggio in SMD, per l'occasione ingrandito 4 volte.

Figura 4: circuito stampato in scala 1:1.

il montaggio completato.

precedente, perché subentrano altri fattori di disturbo. Per fare poi una buona taratura, si regola un segnale robusto nel trasmettitore e quindi si regolerà V1 di questo demodulatore fino a far accendere il led. Ottenuto questo, cominceremo a diminuire l'intensità del segnale trasmesso fino a portarsi quasi allo spegnimento del led, fatto questo ripasseremo nel ricevitore regolando V1 per centrare la sintonia con l'accensione del led. Resta ora un ultimo ritocco in trasmissione, portando il suo trimmer ad un valore leggermente superiore all'accensione del led. La fase più impegnativa è senza dubbio proprio la taratura e per questo va fatta con molta cura e pazienza. I circuiti sia trasmittente che ricevente sono stati fatti con tecnica SMD per occupare meno spazio e quindi sono agevolmente più facili da sistemare nei ricetrasmettitori moderni. ❏

CODICE MIP 2790199

di REMO RIGLIONI (IZ0OPG)

RICEVITORE *reflex* per onde medie

Realizziamo una semplice radiolina per l'ascolto in cuffia delle onde medie, bastano una manciata di componenti e un paio di ore di tempo libero

Questo piccolo ricevitore è dedicato soprattutto ai neofiti a chi da poco ha iniziato a cimentarsi nella costruzione di piccoli apparecchi radio, del tipo ricevitore a diodo o ad amplificazione diretta e vuole provare a realizzare qualcosa di leggermente più complesso. Di seguito verrà descritta la costruzione di un semplice ricevitore per le onde medie la cui configurazione circuitale è stata ideata ed utilizzata prima dell'avvento della supereterodina.

RADIO REFLEX

Il sistema reflex (ricevitore a circuito riflesso) ha avuto una certa fortuna nella realizzazione di ricevitori economici quando ancora il transistor non era stato inventato e gli unici componenti attivi erano i tubi a vuoto (valvola termoionica). All'epoca, parliamo degli inizi del secolo scorso i primi rudimentali ricevitori radio erano realizzati o amplificando direttamente il segnale radio con due o tre stadi a valvola collegati in cascata o più

LISTA COMPONENTI

R1	100 kohm pot. Lin.
R2	39 kohm ¼ w
R3	220 kohm ¼ w
R4	100 ohm ¼ w
R5	2,2 kohm ¼ w
R6	220 kohm ¼ w
R7	2,2 kohm ¼ w
C1	2,2 nf cer. 50 v.
C2	47 nf cer. 50 v.
C3	10 nf cer. 50 v.
C4	4,7 nf cer. 50 v.
C5	100 nf cer. 50 v.
C6	100 nf cer. 50 v.
C7	100 nf cer. 50 v.
C8	22 uf 25 v. Elettr.
TR1,2,3	BC505 o equiv.
DG1,2	AA117 o equiv.
JAF1	2,7 Mhenry
DV1	BB113 o equiv.
L1	Vedi testo

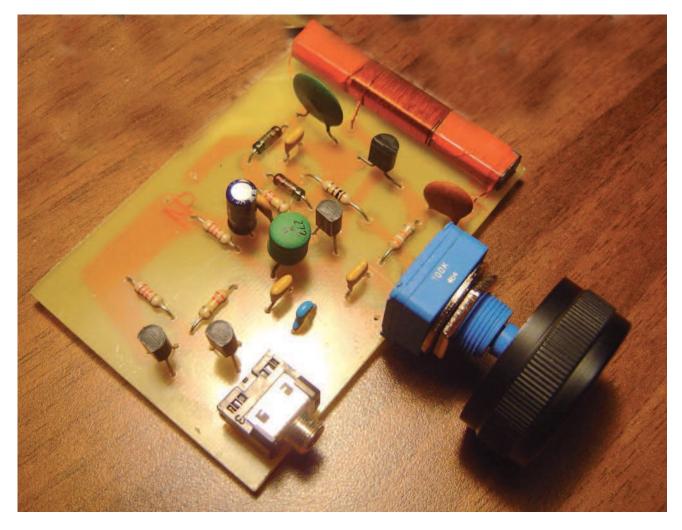
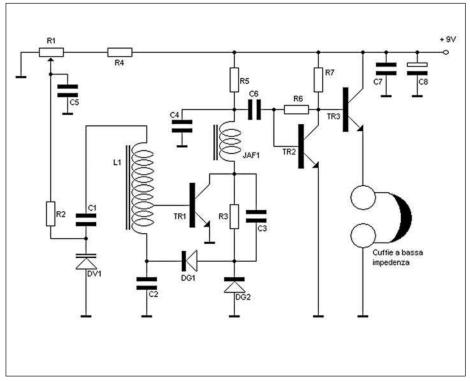



Figura 1: schema elettrico del ricevitore.

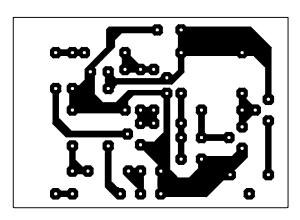



Figura 2: il circuito stampato.

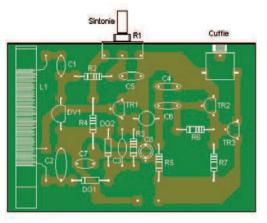
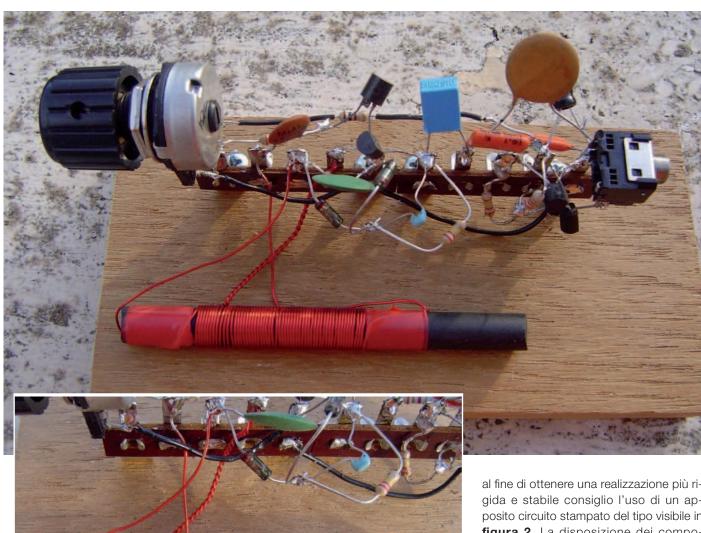



Figura 3: piano di montaggio.

semplicemente facendo funzionare un solo stadio al massimo dell'amplificazione con una leggere reazione positiva (ricevitori a reazione). I primi tipi di ricevitori, quelli ad amplificazione diretta erano molto difficili da mettere a punto e spesso accoppiamenti induttivi tra i vari stadi rendevano i ricevitori stessi critici da realizzare e tarare. Anche i ricevitori a reazione, pur nella loro semplicità e grande sensibilità avevano però il difetto di essere intrinsecamente instabili e difficili da sintonizzare per la costante presenza del caratteristico fischio audio introdotto dalla reazione. Una soluzione adottata per risolvere parte dei problemi sopra descritti fu quella di utilizzare un solo stadio come amplificatore a radio frequenza e contemporaneamente come amplificatore audio; in questo modo da una parte si risparmiava un componente attivo, facendo esplicare due funzioni ad una stessa valvola e dall'altra riducendo al minimo la reazione positiva tra ingresso e uscita si otteneva una ricezione più stabile e priva di interferenze. Ma veniamo ora al nostro circuito, dove per semplicità al posto della valvola abbiamo utilizzato un più moderno e comune transistor al silicio.

SCHEMA ELETTRICO

Il segnale captato dal ricevitore e sintonizzato da gruppo L1 DV1, viene applicato alla base di TR1 per essere amplificato, all'uscita dello stadio, ovvero sul collettore di TR1 il segnale radio, che non può attraversare l'impedenza JAF1, viene avviato verso la coppia di diodi al germanio DG1 e DG2 per essere rivelato; il segnale au-

dio presente ai capi di C2 viene quindi riapplicato alla base di TR1 sempre tramite la bobina L1 per essere nuovamente amplificato. A questo punto il segnale audio non trovando ostacolo ad attraversare JAF1 può essere amplificato da TR2/TR3 per essere ascoltato con una normale cuffia per PC. Completano il circuito, Il condensatore C4 che porta a massa eventuali residui di alta frequenza presenti in uscita dall'impedenza e i vari resistori di polarizzazione di TR1 e TR2. TR3 montato come inseguitore di emettitore ha il solo compito di abbassare l'impedenza di uscita in maniera da pilotare una normale cuffia 16/32 ohm. La sintonia delle stazioni avviene tramite il potenziometro R1 che nel nostro circuito regola la polarizzazione del diodo varicap.

MONTAGGIO E TARATURA

Il montaggio del nostro ricevitore, non dovrebbe essere critico, personalmente ho realizzato un primo prototipo su una basetta di legno e non ha dato alcun problema di funzionamento. In ogni caso, al fine di ottenere una realizzazione più rigida e stabile consiglio l'uso di un apposito circuito stampato del tipo visibile in **figura 2**. La disposizione dei componenti è invece desumibile dal piano di montaggio di figura 3. L'unico componente che va realizzato appositamente è la bobina di sintonia L1, la quale va realizzata avvolgendo 60 spire di filo di rame smaltato da 0.3mm su una piccola bacchetta di ferrite lunga 5-6 cm e del diametro di 0.6-0.7 cm. La presa di collegamento alla base di TR1 va fatta alla 12° spira a partire dal lato collegato a massa. Nel montaggio occorre prestare molta attenzione al verso con cui vengono inseriti i diodi al germanio e il diodo varicap. La nostra radiolina non ha bisogno di tarature; terminato il montaggio applicate una cuffia a bassa impedenza e date alimentazione, come detto tramite R1 sarà possibile sintonizzare le varie stazioni che trasmettono in onde medie, orientate il ricevitore (ovvero L1) per la migliore ricezione possibile. ❑

CODICE MIP 2771784

UNITA' Aritmetico Logica

La rassegna delle macchine combinatorie destinate al supporto delle operazioni aritmetiche non può prescindere dalle ALU, sofisticate macchine plurifunzionali, parte integrante persino dei moderni microprocessori

Nelle puntate precedenti abbiamo trattato con la massima attenzione tutti i mattoni principali della logica combinatoria, a cominciare da quelli fondamentali fino a considerare le complesse strutture logiche chiamate a realizzare la somma e la sottrazione; sembra naturale quindi terminare la lunga trattazione con questo importante componente, in grado di assicurare sia le operazioni logiche sia quelle aritmetiche.
Prima di entrare dei dettagli dei componenti disponibili sul mercato desidero sottolineare che la ALU (Aritmetic Logic Unit) è una inalienabile parte integrante anche di ogni CPU (Central Processing Unit), termine con cui si definiscono sinteticamente i microprocessori, sia quelli di tipo x86 (contenuti in molti Personal Computer) che quelli destinati ai sistemi embedded (cioè quelli progettati espressamente per una determinata applicazione).
Per aumentare la loro potenza di elaborazione, le moderne CPU contengono una seconda unità di calcolo, detta FPU (Floating Point Unit), specializzata nel trattamento dei numeri razionali frazionari ed irrazionali, indispensabili nel calcolo scientifico (logaritmi, funzioni trigonometriche, divisioni, radici, ecc..), richiesto dagli applicativi software di ingegneria (come i vari CAD, Computer Aided Design) ma anche dai più noti videogiochi 3D e nel trattamento dello streaming video, sempre più assetato di risorse.
L'unità FPU (un tempo situata su un chip dedicato, detto Coprocessore matematico o x87) è citata solo per completezza e può ritenersi la strutttura in grado di completare i servizi elementari assicurati dalla ALU, rivolti al processo dei numeri naturali positivi e negativi e alle operazioni della logica booleana.

Figura 1: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS181: Pin-out.

ALU (TTL): 74LS181,74LS381,74LS382

La serie TTL prevede 3 ALU in grado di operare in parallelo su 2 numeri a 4 bit, espressi in binario o in BCD: quello più noto è il 74LS181, detto 4-Bit Arithmetic

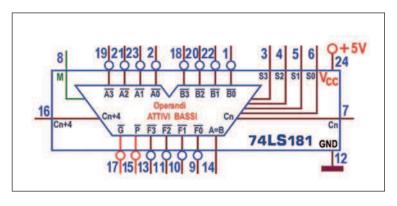



Figura 2: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS181: Schema funzionale (in logica negativa).

Logic Unit; questo dispositivo è stato progettato per includere (senza l'utilizzo di alcuna circuiteria esterna) ogni dettaglio circuitale necessario a realizzare 16 operazioni aritmetiche e 16 diverse funzioni booleane. La **figura 1** mostra il suo pin-out. Già la dimensione del dispositivo (ospitato in un contenitore a 24 piedini, 24-Lead Plastic Dual-In-Line Package) tradisce una sua certa complessità funzionale; la **figura 2** riorganizza i numerosi segnali coinvolti nel corrispondente schema funzionale. Possiamo notare che sia le linee d'ingresso dei 2 operandi (Operand Inputs, $A_3A_2A_1A_0$ e $B_3B_2B_1B_0$) che quelle d'uscita (Function Outputs, $F_3F_2F_1F_0$) sono attive basse; poichè il 74LS181 può essere usato anche con operandi e uscite attivi alti, sarà necessario riprendere più avanti le seguenti considerazioni per mettere in evidenza le inevitabili differenze. In ogni caso, le 5 linee di controllo garantiscono sugli operandi 2^5=32 diverse operazioni; in particolare, se l'ingresso di modo (M, Mode Control Input) è alto, impone le 16 di tipo logico (AND, NAND, OR, NOR, OREX, NOREX, più altre 10), mentre con M=0 renderà disponibili le 16 di tipo aritmetico (addizione, sottrazione, confronto, raddoppio [scorrimento di un bit a sinistra], più altre 12). Le rimanenti 4 linee (Function Select Inputs, $S_3S_2S_1S_0$) stabiliscono il valore (logico o aritmetico) assunto dalle uscite, in accordo con la Tabella di Funzione, proposta in **figura 3**. L'analisi paziente della voluminosa tabella permette di scoprire molti importanti dettagli; innanzi tutto è stato necessario evitare la confusione tra l'operazione di somma logica (OR) da quella aritmetica, affidando alla prima il classico segno "+" e alla seconda la parola "più"; pur non causando ambiguità alla sottrazione (esclusivamente aritmetica) è coerentemente affidata la parola "meno" in vece del classico segno "-".Una tra le funzioni (indicata in Tabella con [#]) merita un commento: la somma aritmetica di A con se stessa equivale a raddoppiare (moltiplicare per 2) il valore di A; per esempio, sommando $A=(0110)_2=(6)_{10}$ con se stesso otteniamo $F=A+A=A*2=(1100)_2=(12)_{10}$.

LINEE DATI IN INGRESSO E USCITE ATTIVE BASSE

SELECTION				M=1 LOGIC FUNCTIONS	M=0 ARITHMETIC OPERATIONS	
S3	S2	S1	S0		C_n=0 (senza carry)	C_n=1 (con carry)
0	0	0	0	$\overline{A}$	A meno 1	A
0	0	0	1	$\overline{AB}$	AB meno 1	AB
0	0	1	0	$\overline{A}+B$	$A\overline{B}$ meno 1	$A\overline{B}$
0	0	1	1	1 logico	meno 1 (Complemento a 2)	Zero
0	1	0	0	$\overline{A+B}$	A più $(A+\overline{B})$	A più $(A+\overline{B})$ più1
0	1	0	1	$\overline{B}$	AB più $(A+\overline{B})$	AB più $(A+\overline{B})$ più1
0	1	1	0	$\overline{A \oplus B}$	A meno B meno1	A meno B
0	1	1	1	$A+\overline{B}$	$(A+\overline{B})$	$(A+\overline{B})$ più1
1	0	0	0	$\overline{A}B$	A più (A+B)	A più (A+B) più1
1	0	0	1	$A \oplus B$	A più B	A più B più1
1	0	1	0	B	$A\overline{B}$ più (A+B)	$A\overline{B}$ più (A+B) più1
1	0	1	1	A+B	(A+B)	(A+B) più1
1	1	0	0	0 logico	A più A [#]	A più A più1
1	1	0	1	$A\overline{B}$	AB più A	AB più A più1
1	1	1	0	AB	$A\overline{B}$ più A	$A\overline{B}$ più A più1
1	1	1	1	A	A	A più1

Figura 3: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS181: Tabella (in logica negativa).

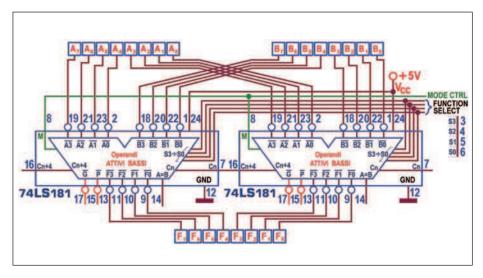



Figura 4: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS181: Ripple Carry ALU a 8 bit.

Osservando il risultato binario ci rendiamo conto che esso è uguale al valore di A spostato di un bit verso sinistra (shift left) con ingresso di un bit a 0 da destra; si tratta di una tecnica molto usata nella programmazione assembly dei processori, per garantire la moltiplicazione di un numero per una potenza di 2. Tutti i risultati aritmetici generati da questo dispositivo sono in Complemento a 2; per esempio per eseguire la somma "A più B" si pone 1001 sugli ingressi di selezione $S_3S_2S_1S_0$ (di solito senza la presenza del Riporto esterno C_n) mentre per la sottrazione "A meno B" il codice di selezione sarà 0110, attivando anche l'ingresso C_n, in questo caso necessario per trasformare il Complemento a 1 del Sottraendo, generato internamente. Va detto anche che numerose funzioni sono di uso poco probabile e non saranno praticamente mai utilizzate; la cosa non deve stupire, data l'articolata struttura interna, chiamata ad assicurare le operazioni più classiche e a combinare i loro circuiti per ottenerne altre. Importante sottolineare, invece, che il componente contiene le particolari reti combinatorie (basate sulla tecnica di "previsione del Riporto", Carry Look Ahead) in grado di generare in anticipo il valore del Riporto (o il Prestito) a 4 bit nelle funzioni aritmetiche; per rendere possibile la creazione di sommatori (o sottrattori) in grado di gestire parole multiple di 4 bit, collegando più ALU in cascata, sono previste la linea d'ingresso C_n (Carry Input) e le 3 linee d'uscita C_{n+4} (Carry Output), G (Carry Generate Output) e P (Carry Propagate Output). Le prime 2 assicurano la tipica gestione "a propagazione del Riporto" (Ripple Carry) in cui l'uscita C_{n+4} della ALU associata alla parte meno significativa dei dati da operare è collegata all'ingresso C_n della ALU successiva; la **figura 4** mostra il circuito di una ALU a 8 bit costruita con questa tecnica.

La puntigliosa trattazione delle puntate precedenti ha messo in luce i problemi di scarsa velocità intrinseci dei sommatori/sottrattori di tipo Ripple Carry; questo

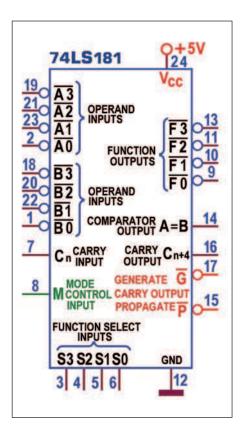
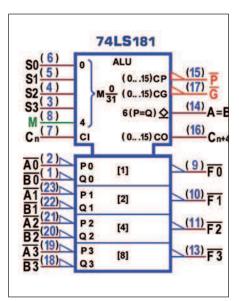



Figura 5: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS181: Schema pratico (in logica negativa).

Figura 6: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS181: Simbolo logico ANSI/IEEE Std. 91-1984 (in logica negativa).

Figura 7: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS181: Tabella (in logica positiva).

LINEE DATI IN INGRESSO E USCITE ATTIVE ALTE

SELECTION				M=1 LOGIC FUNCTIONS	M=0 ARITHMETIC OPERATIONS	
S3	S2	S1	S0		$\overline{C_n}$=1 (senza carry)	$\overline{C_n}$=0 (con carry)
0	0	0	0	$\overline{A}$	A	A più 1
0	0	0	1	$\overline{A+B}$	(A+B)	(A+B) più 1
0	0	1	0	$\overline{A}B$	(A+$\overline{B}$)	(A+$\overline{B}$) più 1
0	0	1	1	0 logico	meno 1 (Complemento a 2)	Zero
0	1	0	0	$\overline{AB}$	A più A$\overline{B}$	A più A$\overline{B}$ più 1
0	1	0	1	$\overline{B}$	(A+B) più A$\overline{B}$	(A+B) più A$\overline{B}$ più 1
0	1	1	0	A⊕B	A meno B meno 1	A meno B
0	1	1	1	A$\overline{B}$	A$\overline{B}$ meno 1	A$\overline{B}$
1	0	0	0	$\overline{A}$+B	A più AB	A più AB più 1
1	0	0	1	$\overline{A \oplus B}$	A più B	A più B più 1
1	0	1	0	B	(A+$\overline{B}$) più AB	(A+$\overline{B}$) più AB più 1
1	0	1	1	AB	AB meno 1	AB
1	1	0	0	1 logico	A più A [#]	A più A più 1
1	1	0	1	A+$\overline{B}$	(A+B) più A	(A+B) più A più 1
1	1	1	0	A+B	(A+$\overline{B}$) più A	(A+$\overline{B}$) più A più 1
1	1	1	1	A	A meno 1	A

Figura 8: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS181: Schema funzionale (in logica positiva).

Figura 9: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS181: Simbolo logico ANSI/IEEE Std. 91-1984 (in logica positiva).

Figura 10: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS381: Pin-out.

fatto ha reso indispensabile la presenza di uno specifico gestore esterno (il 74LS182, che riprenderemo più avanti) in grado di garantire il Carry Look Ahead anche tra gli stadi ALU in cascata (senza dover ricorrere al Riporto a ondulazione), supportata appunto dalle linee d'uscita G e P (group-carry lookahead).
Il segnale di Controllo di Modo è in grado di influenzare la disponibilità e il coinvolgimento dei Riporti interni; quando M=0 (ALU come generatore di funzioni aritmetiche) essi saranno abilitati, mentre con M=1 ciascuna uscita dipende solo dai dati d'ingresso, A e B, il valore di C_n è indifferente (e viene ignorato) e nessun Riporto sarà propagato tra i moduli interni della ALU.
Il componente si presta anche a confrontare tra loro i valori dei 2 operandi: l'uscita A+B (Comparator Output) passa a livello alto quando essi sono uguali, ma per poter disporre di questa informazione il dispositivo deve essere in modalità aritmetica (M=1) e programmato (con Riporto esterno C_n attivo) per la sottrazione ($S_3S_2S_1S_0$=0110). Con l'aiuto dell'uscita di Riporto C_{n+4} (sempre in modalità "sottrazione") è naturale poter disporre anche delle informazioni sulla grandezza relativa A>B e A<B degli operandi. L'uscita A+B è di tipo open collector, per un facilitare il collegamento in "wire-AND" con le stesse linee delle altre ALU in cascata, se si desidera un confronto su dati di più grandi di 4 bit. La **figura 5** mostra lo schema pratico con ingressi di dato e uscite in logica negativa mentre il simbolo logico predisposto dallo standard IEEE è visibile in **figura 6**. In quest'ultima appare evidente un modulo (Common Control Block) destinato al controllo comune dei blocchi interni; lo standard indica con la lettera M la parola di controllo formata dai 4 ingressi di selezione e dal segnale di modo M, in corrispondenza dei quali viene mostrato il peso (esponente della potenza di 2) del rispettivo bit della parola stessa. Ad essa viene affiancato il range 0-31 (espresso come frazione 0/31) per esplicitare la disponibilità di 32 diversi comandi; lo standard evidenzia inoltre che le 3 uscite di Riporto, G (CG, Carry Generate), P (CP, Carry Propagate) e C_{n+4} (CO, Carry Output), sono attivate nelle modalità 0-15 e che l'uscita A=B è attiva in modalità 6 (0110, sottrazione aritmetica). La parte bassa del simbolo mostra i 4 singoli blocchi della ALU, etichettati con i pesi dei bit che essi processano. Poiché il 74LS181 può essere usato anche con operandi e uscite attivi alti i datasheet prevedono una seconda Tabella di Funzione, dalla quale risulta (vedi **figura 7**) che le funzioni logiche (ottenute con M=1 in corrispondenza dello stesso codice di selezione) sono esattamente "duali" di quelle presentate dalla Tabella di figura 3; ricordo che il principio di dualità prevede che da ogni espressione logica vera può esserne ottenuta un'altra, altrettanto vera e detta duale, semplicemente scambiando ogni operatore AND con un operatore OR e ogni 1 con uno 0 (e viceversa). Tra le operazioni aritmetiche (ottenute con M=0) alcune sono identiche (quelle con codice 0011, 0110, 1001 e 1100, curiosamente multiplo di 3 decimale), altre (quelle legate alla somma) sono duali per la parte logica coinvolta, e le rimanenti sono le stesse ma in posizione diversa. La **figura 8** e la **figura 9** mo-

Figura 11: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS381: Schema funzionale.

SELECTION			LOGIC/ARITHMETIC FUNCTIONS
S2	S1	S0	
0	0	0	0000
0	0	1	B meno A meno 1 più C_n
0	1	0	A meno B meno 1 più C_n
0	1	1	A più B più C_n
1	0	0	A⊕B
1	0	1	A+B
1	1	0	A·B
1	1	1	1111

Figura 12: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS381: Tabella delle Funzioni.

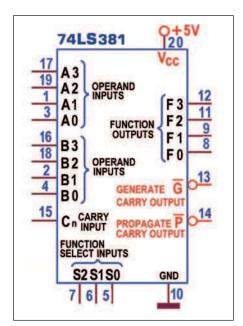



Figura 13: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS381: Schema pratico.

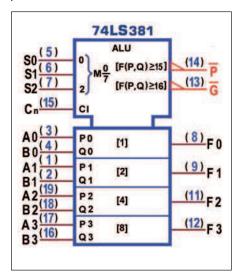



Figura 14: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS381: Simbolo logico ANSI/IEEE Std. 91-1984.

strano rispettivamente lo schema funzionale e il simbolo logico secondo lo standard IEEE per la gestione del 74LS181 in logica positiva (cioè con operandi e uscite attivi alti); da notare che, in questo caso, i Riporti per la gestione Ripple Carry (C_n e C_{n+4}) sono ora attivi bassi, per mantenere corretta l'operazione aritmetica svolta. La potenza dissipata massima è di 185 mW; dati i numerosi punti di vista possibili (logici e aritmetici) la valutazione del ritardo di propagazione massimo (misurato con carico di 15pF) è necessariamente differenziata, ma mediamente pari a 33ns tra gli ingressi di dato e le uscite, per entrambe le transizioni t_{PLH} e t_{PHL}); nella prospettiva di collegare più ALU in cascata è interessante il ritardo previsto nel passaggio da C_n a C_{n+4}, pari a 20ns. La consultazione delle Tabelle di Funzione dell'integrato 74LS181 ha evidenziato che numerose tra le funzioni offerte sono praticamente inutili; per questa ragione i costruttori hanno reso disponibile una ALU più compatta: il 74LS381, ancora una 4-Bit Arithmetic Logic Unit, ma in grado di garantire solo 8 Funzioni, quelle di uso più frequente. La **figura 10** mostra il suo pin-out e la **figura 11** riassume le sue risorse nel classico schema funzionale. In questo componente la linea di selezione di Modo non è necessaria ed esso dispone ora di sole 3 linee di selezione ($S_2S_1S_0$) in grado di garantire 2^3=8 diverse operazioni: 3 di tipo logico (AND, OR, OREX, senza bisogno di alcun circuito esterno), 3 di tipo aritmetico (una addizione e 2 sottrazioni) e 2 situazioni nelle quali le uscite possono essere forzate a 0 (clear) o a 1 (preset). La **figura 12** le riassume tutte, nella Tabella di Funzione fornita dai datasheet. Le operazioni aritmetiche sono eseguite con operandi A e B attivi sia alti che bassi, con uscite F soggette alla stessa logica; quando si seleziona la funzione Sottrazione è al solito necessario forzare a 1 (con operandi attivi alti) o a 0 (con operandi attivi bassi) l'ingresso C_n del dispositivo meno significativo. La presenza delle 2 linee d'uscita G (Carry Generate) e P (Carry Propagate) è il presupposto per assicurare la somma (o la sottrazione) veloce di parole multiple di 4 bit, collegando più ALU in cascata; questi segnali, con l'aiuto dello specifico gestore esterno 74LS182, garantiscono la tecnica di Carry Look Ahead in grado di "prevedere" in anticipo il valore del Riporto (o del Prestito). La **figura 13** mostra lo schema pratico mentre il simbolo logico IEEE **(figura 14)** mette in evidenza gli stessi moduli e le stesse convenzioni proposte in **figura 9** per il 74LS181. L'integrato 74LS382 è una variante lenta del 74LS381: l'unica differenza è legata al modo con cui essi gestiscono il Riporto quando più ALU dello stesso tipo sono collegate in cascata al fine di poter operare (ovviamente in modo aritmetico) su dati di più di 4 bit. Al posto delle linee d'uscita "di gruppo" G e P (tipiche della ve-

Figura 15: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS382: Pin-out.

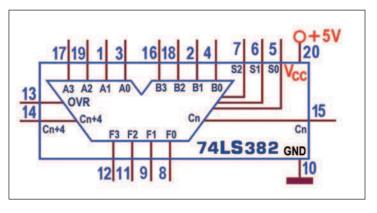



Figura 16: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS382: Schema funzionale.

loce tecnica Look Ahead appena descritta per il 74LS381) il nuovo modello si appoggia alle linee d'uscita C_{n+4} (Carry Output) e OVR (Overflow) lasciando intendere di ricorrere alla gestione "a propagazione del Riporto" (Ripple Carry), ancora utile quando non si hanno problemi di velocità. La **figura 15** mostra il suo pin-out. Lo schema funzionale **(figura 16)** può essere utilizzato come modulo di una serie di ALU in cascata, la cui linea d'uscita C_{n+4} sarà collegata a quella d'ingresso C_n dello stadio successivo, mentre per la Cn del primo stadio valgono le predisposizioni più volte sottolineate in precedenza; l'uscita OVR segnala la condizione overflow nelle operazioni in Complemento a 2 ed è logicamente uguale al OREX di C_{n+3} con C_{n+4}; verrà utilizzata solo quella della ALU più significativa. In **figura 17** si può vedere lo schema pratico. Per entrambi i componenti la potenza dissipata massima è di 325 mW e i ritardi di propagazione massimi (con carico di 2kohm/15pF) sono mediamente pari a 30ns (tra ingressi di dato e uscite) e 52ns (tra ingressi di selezione e uscite); nella gestione di più ALU in cascata il ritardo previsto tra ingressi dato e G o P (74LS381) è pari a 33ns, e tra C_n e C_{n+4} (74LS382) è pari a 20ns. In chiusura, tra i componenti TTL di questa categoria merita citazione il 74LS681, definito 4-Bit Parallel Binary Accumulator, costituito da una ALU e di 2 potenti registri. La parte ALU è sostanzialmente uguale al 74LS181, cioè è in grado di realizzare 16 operazioni aritmetiche e 16 funzioni booleane e di gestire strutture in cascata sia con veloce tecnica Carry Look Ahead (con G e P, insieme al 74LS182) che Ripple Carry (con C_n e C_{n+4}). Entrambi i registri interni possono essere letti e/o scritti attraverso 4 linee bidirezionali, sul fronte di salita di un segnale di Clock appositamente previsto; le rispettive uscite forniscono gli operandi della ALU. Uno dei 2 registri si comporta da semplice deposito di memoria, mentre l'altro dispone di una logica di controllo in grado di pro-

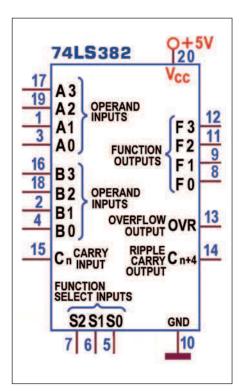



Figura 17: 4-Bit Arithmetic Logic Unit 74LS382: Schema pratico.

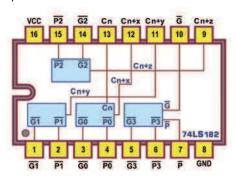



Figura 18: Look-ahead Carry Generator 74LS182: Pin-out.

grammarlo per essere gestito in 8 modi diversi, per esempio per operare lo scorrimento (shift) dei suoi bit; esso ha anche l'importante compito di accumulatore, occupandosi di ospitare il risultato delle operazioni ALU.
Si tratta dunque di un componente pieno di fascino, in sostanza molto simile ad un "buona parte di CPU", tra l'altro espandibile per trattare parole più grandi di 4 bit.

ALU (CMOS): 4581, 40181

La serie CMOS mette a disposizione 2 componenti di tipo 4-Bit Arithmetic Logic Unit, il 4581 e il 40181, funzionalmente identici e pinout compatibili tra loro e con il TTL 74LS181; valgono pertanto tutte le informazioni offerte in preceden-

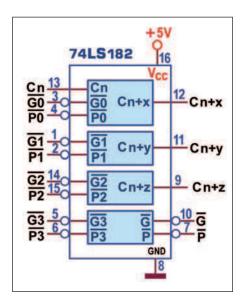



Figura 19: Look-ahead Carry Generator 74LS182: Schema funzionale.

za per quest'ultimo integrato, a cominciare dal pin-out di **figura 1**; in essa (e in tutte le altre figure relative a schemi) vanno naturalmente sostituiti i soli riferimenti ai piedini d'alimentazione, ora V_{DD} (pin 24) e V_{SS} (pin12). Il dettaglio sulle 32 operazioni aritmetico-logiche è sempre sintetizzato dalle **figure 3** e **7**; le caratteristiche elettriche sono quelle tipiche della famiglia logica CMOS: la tensione di alimentazione V_{DD} può variare da 3V a 15V; i livelli di tensione d'uscita sono tipicamente uguali alla V_{DD} per la V_{OH} (a livello alto) e alla V_{SS} (=0V) per la V_{OL} (a livello basso); la potenza dissipata è trascurabile (qualche µW); il ritardo di propagazione massimo t_{PLH} e t_{PHL} (con carico di 200kohm/50pF) aumenta al crescere del valore dell'alimentazione. Indicativi sono, per esempio, quello tra ingressi di dato e uscite, che va da 800ns (V_{DD}=5V) a 240ns (V_{DD}=15V), e quello previsto nel passaggio da C_n a C_{n+4}, che va da 400ns (V_{DD}=5V) a 140ns (V_{DD}=15V).

LOOK-AHEAD CARRY GENERATOR (TTL): 74LS182

Nella descrizione degli operatori aritmetici abbiamo più volte sottolineato il problema legato alla gestione del Riporto (Prestito) nella somma (sottrazione); quella classica (Ripple Carry, intrinsecamente lenta) è stata abbandonata sia negli integrati sommatori (analizzati le puntate precedenti) che nelle ALU (oggetto di questa puntata), dotandoli internamente di speciali re-

Figura 20: Look-ahead Carry Generator 74LS182: Schema pratico.

Figura 21: Look-ahead Carry Generator 74LS182: ALU veloce a 16 bit .

ti combinatorie in grado di generare in anticipo il valore del Riporto di ogni modulo FA, in funzione del solo valore corrente di tutti gli ingressi di dato. Nel momento in cui questi dispositivi si sono dovuti mettere in cascata tra loro (per assicurare il servizio di numeri più grandi, multipli di 4 bit) il problema della velocità è diventato di fondamentale importanza, specialmente per le ALU, che richiedono prestazioni elevate. Pur essendo ancora disponibili le uscite C_{n+4} (ciascuna da collegare all'ingresso C_n dello stadio successivo) l'uso della tecnica "a propagazione del Riporto" è reso insostenibile perché, per disporre del risultato, è necessario attendere che ciascun dispositivo produca il suo Carry, tipicamente 20ns per ognuno di essi. La soluzione è quindi quella di "generare in anticipo" anche il valore del Riporto finale del gruppo di ALU (in cascata tra loro) coinvolte in operazioni aritmetiche, aggiungendo esternamente una rete combinatoria appositamente studiata, resa disponibile in forma integrata nel 74LS182, detto per questo Look-Ahead Carry Generator; la **figura 18** mostra il suo pin-out. Lo schema funzionale **(figura 19)** riorganizza graficamente la sostanza dei fatti: questo dispositivo provvede alla "previsione" istantanea del Riporto (Carry Look Ahead) per ben 4 ALU; quello destinato alla seconda ALU, C_{n+x}, è ottenuto coinvolgendo, insieme a P_0 e G_0 della ALU meno significativa, anche l'eventuale segnale d'ingresso C_n in essa concorrente. Alle 3 restanti basteranno i soli "Riporti di gruppo" G e P della ALU ad esse relativa per generare l'uscita da collegare alla ALU successiva, C_{n+y} (per la terza) e C_{n+z} (per la quarta); le uscite dell'ultima ALU (quella più significativa) saranno invece ancora del tipo "di gruppo" per assicurare ulteriore espansione dei dispositivi in cascata. In **figura 20** si può vedere lo schema pratico, richiamato nella **figura 21** per

Numero di bit delle Parole	Tempo Ritardo Tipico	INTEGRATI UTILIZZATI		METODO usato per il Carry tra le ALU in cascata
		ALU	Look Ahead Generator	
da 1 a 4	20 ns	1	Nessuno	Nessuno
da 5 a 8	20 ns	2	Nessuno	Ripple Carry
da 9 a 16	30 ns	3 o 4	1	Full Look-Ahead
da 17 a 64	50 ns	5 o 16	2 o 5	Full Look-Ahead

Figura 22: dispositivi ALU da 1 a 64 bit: Tabella dei Tempi.

realizzare una ALU a 16 bit (aritmeticamente) veloce. Molto istruttiva è la tabella di **figura 22**, che mette a confronto i tempi necessari per disporre della somma di operandi da 1 a 64 bit, in funzione dei dispositivi coinvolti; si può notare che (per parole fino a 8 bit) la presenza di un generatore 74LS182 insieme a più ALU in cascata permette tempi di ritardo poco più grandi rispetto a quelli di 2 sole ALU gestite in Ripple Carry.
Quadruplicando lo schema di **figura 21** (e portando le uscite G e P dei generatori di riporto veloce di ciascun gruppo in un quinto 74LS182) si realizza una ALU a 64 bit che, pur coinvolgendo ben 16 ALU e 5 Look-Ahead Carry Generator, assicura la somma in soli 50 ns; lo schema utilizza le ALU 74LS181 ma va benissimo anche per la versione ridotta 74LS381. La massima potenza dissipata dal 74LS182 è di 80 mW.

LOOK-AHEAD CARRY GENERATOR (CMOS): 4582, 40182

Anche per i componenti di tipo Look-Ahead Carry Generator sono disponibili 2 integrati della serie CMOS: il 4582 e il 40182, funzionalmente identici e pinout compatibili tra loro e con quello TTL appena descritto, 74LS182; tutte le precedenti spiegazioni e immagini (dalla **figura 18**, pin-out, alla **figura 21**, schema ALU a 16 bit) rimangono valide anche per questi componenti, ricordando che il positivo dell'alimentazione (pin 16) è ora V_{DD} e la massa (pin 8) è ora marcata V_{SS}.
Per altro, la diversa tecnologia assicura una potenza dissipata trascurabile ma aumenta notevolmente i ritardi di propagazione; per esempio, quello massimo tra ingressi e uscite di ciascun modulo, è valutabile da 400ns (V_{DD}=5V) a 150ns (V_{DD}=15V), con il solito carico di 200kohm/50pF. ❑

CODICE MIP 2772337

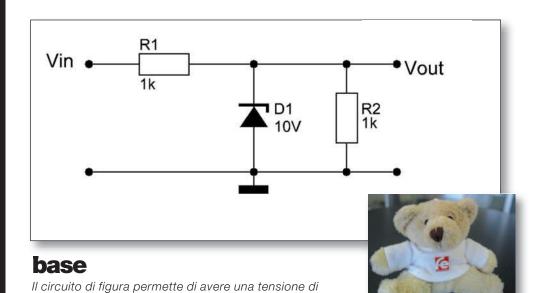
elettro quiz

301-302

*Le risposte ai quiz “Base” e “Avanzato” vanno inviate esclusivamente compilando il modulo su www.farelettronica.com/eq specificando la parola chiave **“elettrone”**.*

Le risposte ed i vincitori (previa autorizzazione) sono pubblicati alla pagina www.farelettronica.com/eq a partire dal 15 del mese successivo alla pubblicazione sulla rivista.

A tutti i partecipanti verrà assegnato un buono sconto del 10% (validità 3 mesi dalla data di assegnazione) utilizzabile per un prossimo acquisto su www.ieshop.it

base

Il circuito di figura permette di avere una tensione di uscita limitata ai valori +10V e 0V (considerando ideale il diodo zener). Se all’ingresso si applica un’onda quadra di frequenza 1KHz, duty cyle 50%, valore medio 3V e ampiezza 2Vpp, quale sarà la forma d’onda in uscita?

Se rispondi correttamente potrai vincere il simpatico portachiavi di Fare Elettronica.

avanzato

Dato il circuito di figura, in cui il diodo è da considerarsi ideale, quali delle seguenti affermazioni è vera?

A) Se Vin=0 allora Vout=0
B) Se Vin=0 allora Vout =12V
C) Se Vin=6V allora Vout=10V
D) Vout=Vin

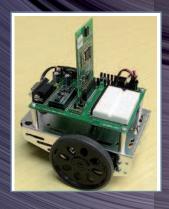
Per i più bravi in palio il gilet “Reporter” di Fare Elettronica.

Accordo europeo tra Avnet e Roving Networks

Tra Avnet Embedded, famosa per la sua capacità di penetrazione commerciale e per la sua ottima rete di supporto tecnico e Roving Networks, produttore di moduli seriali Bluetooth e WiFi ultra-low power e di piattaforme wireless customizzate, è stato siglato un accordo di distribuzione su area europea. Il portafoglio dei prodotti distribuiti da Avnet si arricchisce così di molte soluzioni WiFi e Bluetooth, tra cui il dispositivo RN-131G, che è una soluzione completa TCP/IP in un unico modulo SMD, e la vasta serie di interfacce RS232, RS422 e RS485, alloggiate in varie configurazioni a montaggio superficiale, a fori passanti o inscatolate. Dal versante software, va sottolineato che le API della Roving Networks eliminano la necessità di driver dedicati, semplificando lo sviluppo di applicazioni wireless a basso consumo energetico di alta qualità e a costi competitivi.

CODICE MIP 2790459

RobotZone

di NICOLA DE CRESCENZO E FRANCO TEDESCHI

Esperimenti robotici con il Boe Bot *(parte seconda)*

il LINGUAGGIO e la pianificazione del moto

Nella scorsa puntata abbiamo visto le caratteristiche di base del sistema robotico ed abbiamo mostrato come utilizzare il Basic Stamp Editor per lo sviluppo dei primi programmi nel linguaggio Pbasic. In questo numero approfondiremo le principali caratteristiche del linguaggio di programmazione e ci dedicheremo alla navigazione

Al di là del linguaggio di programmazione utilizzato, per prima cosa, per comunicare con un automa, dobbiamo conoscere tutte le sue possibilità, ovvero dobbiamo sapere quali cose può "capire" e quali azioni elementari è in grado di compiere. Nello scrivere un programma, quindi, la prima fase, consiste nel fissare i termini del discorso e specificare di cosa stiamo parlando; la seconda fase, consiste invece nel definire una soluzione al problema, attraverso un algoritmo, ovvero attraverso una sequenza ben definita di istruzioni. Un algoritmo deve avere tre caratteristiche fondamentali: essere non ambiguo, eseguibile e finito.

COME CODIFICARE UN ALGORITMO?

Durante la definizione di un algoritmo si ricorre spesso, alla stesura di appositi diagrammi che, con una simbologia standard, ci permettono di rappresentare graficamente il flusso seguito dall'elaboratore durante l'esecuzione del nostro programma. In generale, le operazioni fondamentali che è possibile compiere mediante un programma si possono così sintetizzare:

- leggere un input dall'esterno e memorizzarlo in una cella di memoria, oppure scrivere in output il contenuto di una cella di memoria;
- compiere operazioni elementari sui dati contenuti nelle celle di memoria, memorizzando il risultato di tali operazioni in altre celle;
- confrontare il contenuto di due celle di memoria ed effettuare due operazioni differenti in base all'esito di tale confronto;
- effettuare dei salti che modificano il flusso sequenziale dell'algoritmo.

Nella rappresentazione di un algoritmo mediante un diagramma di flusso si usa un simbolo diverso per ognuna di queste operazioni **(figura 1)**. Fra poco, faremo uso dei diagrammi di flusso per la definizione delle strutture condizionali ed iterative.

I DATI E LA LORO DEFINIZIONE

Ci sono dei fattori importanti ai quali dobbiamo prestare molta attenzione nella stesura di un programma: quali sono i dati su cui si deve operare e quali caratteristiche hanno? In generale, quando risolviamo un problema, avremo a che fare con delle costanti, ovvero delle cose che avranno sempre lo stesso valore e che ci serviranno per rappresentare degli elementi statici, o con delle variabili, ovvero dei dati che continuamente, per effetto delle istruzioni, cambiano valore.
Le costanti possono essere usate all'interno del programma per due ragioni: rendono il programma più leggibile e facilitano la modifica dei parametri all'interno del programma stesso.

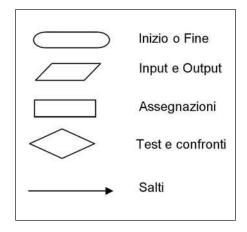



Figura 1: simboli usati nei diagrammi di flusso.

Nel linguaggio Pbasic, le costanti sono definite con la sintassi:

```
Name CON Constant Value
```

In pratica si utilizza il nome della costante seguito dalla parola riservata CON e dal suo valore. Ecco subito un esempio:

```
TEMPO_AVANTI CON 2000
```

in pratica, ogni volta che nel programma il compilatore troverà la parola TEMPO_AVANTI, ad essa assocerà automaticamente il valore 2000.

LA GESTIONE DELLA MEMORIA DEL BASIC STAMP

Il Basic Stamp ha due tipi di memoria: la RAM, utilizzata per le variabili del nostro programma e la EEPROM, utilizzata per memorizzare il programma e per il salvataggio a lungo termine dei dati. Un'importante differenza tra RAM and EEPROM è che la RAM perde il suo contenuto quando il Basic Stamp non viene alimentato; quando l'alimentazione ritorna, tutte le locazioni della RAM sono cancellate; la EEPROM invece mantiene il suo contenuto con o senza alimentazione finché non viene riscritta. Il Basic Stamp2, ha uno spazio di 32 bytes riservato alle variabili RAM: tale spazio è organizzato come mostrato in **figura 2**. Di queste variabili le prime sei sono riservate per la gestione dell'input/output e per controlli direzionali sui pins I/O. Le rimanenti 26 locazioni sono disponibili per i cosiddetti usi generali. La Variabile INS è di sola lettura. I 16 bit del registro INS riflettono lo stato dei PIN I/O da P0 a P15. Il registro OUTS contiene invece lo stato dei 16 latch di uscita. Il registro DIRS controlla infine la direzione (ingresso o uscita) di ciascuno dei 16 pins I/O. Uno zero in una particolare posizione del registro DIRS rende il pin corrispondente un ingresso e un 1 rende il pin corrispondente un'uscita. Quindi, ad esempio, se bit 5 del DIRS è 0 e il bit 6 del DIRS è 1, allora il pin P5 è un input e il pin P6 è una di uscita. Un PIN di ingresso è controllato dai circuiti al di fuori del BASIC Stamp e di conseguenza il controllore non può cambiare il suo stato; un pin che è un'uscita è impostato allo stato indicato dal corrispondente bit del registro OUTS.

E' bene tener presente che quando il BASIC Stamp viene acceso o resettato, tutte le locazioni di memoria vengono cancellate e poste a 0, di conseguenza

WORD NAME	BYTE NAME	NIBBLE NAMES	BIT NAMES
INS	INL, INH	INA,INB	IN0-IN7
		INC,IND	IN8-IN5
OUTS	OUTL, OUTH	OUTA,OUTB	OUT0-OUT7
		OUTC,OUTD	OUT8-OUT15
DIRS	DIRL, DIRH	DIRA,DIRB	DIR0-DIR7
		DIRC,DIRD	DIR8-DIR15
W0	B0, B1		
W1	B2, B3		
W2	B4, B5		
W3	B6,B7		
W4	B8, B9		
W5	B10, B11		
W6	B12, B13		
W7	B14, B15		
W8	B16, B17		
W9	B18, B19		
W10	B20, B21		
W11	B22, B23		
W12	B24, B25		

Figura 2: struttura della memoria RAM del Basic Stamp. Sono disponibili 16 Word di due byte ognuna, per un totale di 32 byte.

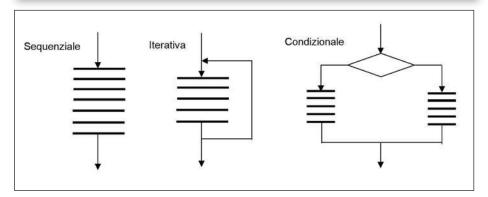



Figura 3: le tre strutture della programmazione strutturata.

LISTATO 1

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
X VAR Byte
Y VAR Byte
Z VAR Byte
X = 100
Y = 130
Z = X+Y
DEBUG DEC ? X
DEBUG DEC ? Y
DEBUG DEC ? Z
```

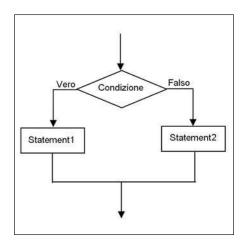



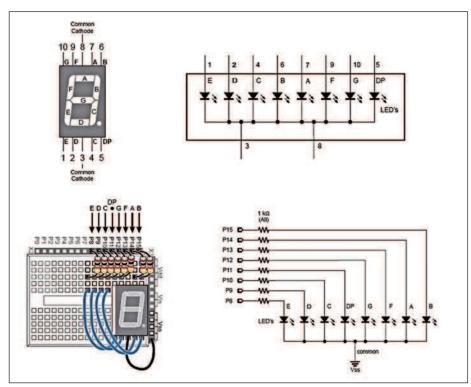
Figura 4: istruzione condizionale.

Figura 5: schema di montaggio per sperimentare il ciclo FOR.

LISTATO 2

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
Numero VAR Word
Main:
DO
DEBUG CLS,
"Scrivi un numero e dai en-
ter:"
DEBUGIN SNUM Numero
DEBUG CLS, 0, 2
SDEC ?Numero,
SHEX ?Numero,
SBIN ?Numero
PAUSE 3000
LOOP
END
```

LISTATO 3

```
Programma che accende
i  segmenti del display
uno alla volta
'{$STAMP BS2}
'{$PBASIC 2.5}
pinCounter VAR Nib
FOR pinCounter = 8 TO 15
HIGH pinCounter
PAUSE 1000
LOW pinCounter
NEXT
```

tutti i pin sono configurati come ingressi (DIRS =% 0000000000000000), se il programma PBASIC imposta ed utilizza tutti i pin di I /O come uscite (DIRS = % 1111111111111111), allora è bene tener presente che l'uscita sarà inizialmente bassa, dato che il latch di uscita (OUTS) viene cancellato a seguito del reset. Per riassumere: il registro INS mostra sempre lo stato dei pin di I/O, indipendentemente dalla direzione di ciascun pin. Il registro DIRS determina se lo stato di un pin è controllato da circuiti esterni (input, 0) o dallo stato del registro OUTS (output, 1) che contiene i bit che appariranno solo sui pin corrispondenti ai bit DIRS impostati come uscita.

VARIABILI

Le variabili sono tra gli elementi più importanti di un linguaggio di programmazione. Esse rappresentano delle locazioni di memoria nelle quali noi possiamo memorizzare un valore; all'interno di un programma, possiamo usare questo valore in diverse occasioni e soprattutto, possiamo cambiarlo. Per poter utilizzare una variabile, bisogna prima di tutto definirla, assegnandole un nome e specificando che tipi di valori si potranno memorizzare nel suo interno. Le variabili in Pbasic vengono definite molto facilmente con la seguente sintassi:

```
Name VAR Typevar
```

LISTATO 4

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
reps VAR Nib
reps = 0
DO WHILE (reps < 3)
DEBUG "*"
reps = reps + 1
LOOP
```

LISTATO 5

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
reps VAR Nib
reps=0
DO
DEBUG "*"
reps = reps + 1
LOOP UNTIL (reps >= 3)
```

Il BASIC Stamp ha quattro diversi tipi di variabili e ciascuna può rappresentare una gamma diversa di numeri:
Bit può rappresentare i valori 0 e 1
Nib può rappresentare i valorida 0 a 15
Byte può rappresentare i valori
da 0 a 255
Word può rappresentare i valorida 0 a 65535.
Vediamo subito un esempio relativo alla definizione di una variabile:
Valore VAR Word;
Valore rappresenta il nome della variabile, mentre la parola Word definisce il tipo di dati.
Nel **listato 1** è riportato un esempio relativo alla dichiarazione ed uso di variabili.
Il **listato 2** mostra invece l'uso dei formattatori, che permettono atomaticamente di visualizzare il valore di una variabile in diversi formati numerici

GLI OPERATORI LOGICO ARITMETICI

All'interno di un programma, potremo eseguire operazioni sulle variabili e anche confrontare i valori delle variabili in diversi modi. Ecco alcuni tra gli operatori più comuni che implementano funzioni logiche:
& che corrisponde all'operatore logico AND
| che corrisponde all'operatore logico OR
^ che corrisponde all'operatore logico XOR
Questi operatori permettono di combinare assieme una o più condizioni logiche.

LA PROGRAMMAZIONE STRUTTURATA

Per rendere più chiari e leggibili i programmi è opportuno rifarsi alle regole della programmazione strutturata.

LISTATO 6

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
counter VAR Byte
FOR counter = 1 TO 122
PULSOUT 13, 850
PULSOUT 12, 650
PAUSE 20
NEXT
END
```

Questo paradigma impone l'uso di tre strutture di base per la costruzione di qualsiasi algoritmo.
Queste tre strutture possono chiaramente essere combinate tra loro e nidificate una dentro l'altra. Le tre strutture sono rappresentate in **figura 3**.

STRUTTURE DI CONTROLLO CONDIZIONALI

Le strutture di controllo consentono di gestire il flusso di esecuzione delle istruzioni di un programma in base al verificarsi di una condizione, più o meno complessa, scelta in base alle esigenze del nostro problema.
Vediamo la rappresentazione di una struttura condizionale attraverso un diagramma di flusso **(figura 4)**.
In pratica il costrutto esegue Statmet1 se la Condizione è vera (con il termine Statement ci si riferisce ad una o più istruzioni PBASIC valide) oppure esegue Statment2 (se presente) se la Condizione è falsa.

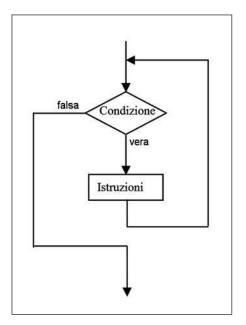



Figura 6: ciclo DO WHILE LOOP.

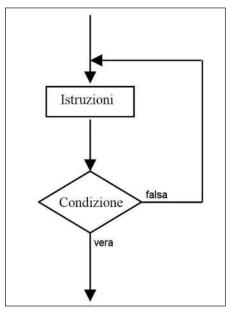



Figura 7: ciclo Do LOOP UNTIL.

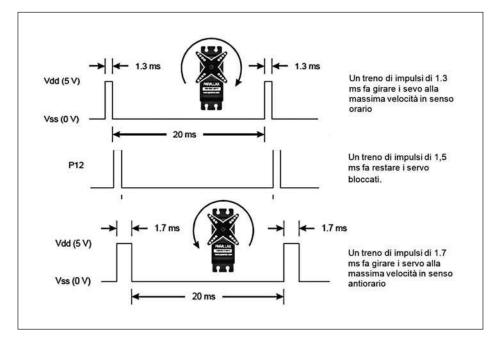



Figura 8: gli impulsi per il comando dei motori.

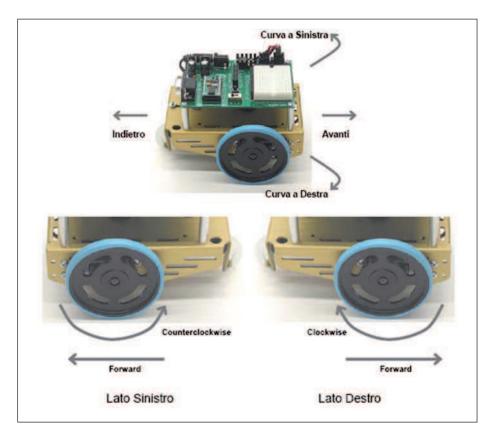



Figura 9: il sistema di riferimento del Boe Bot.

La sintassi Pbasic del costrutto If è la seguente:

```
IF Condition(s)
THEN Statement1
{ ELSE Statement2 }
```

In sostanza, la parte subito dopo la parola IF, viene eseguita quando la condizione logica che viene valutata è vera e la parte dopo else, viene eseguita quando la condizione logica è falsa. La parola chiave else e le istruzioni che ad essa seguono sono opzionali: si possono quindi anche tralasciare se non dobbiamo fare niente quando la condizione sia falsa. E' bene tener presente che nel linguaggio Pbasic il costrutto If può anche prevedere un salto condizionato verso una Label, che specifica dove riprendere il flusso del programma.

CICLO ITERATIVO FOR

Il costrutto in oggetto crea un ciclo iterativo che esegue un'istruzione, oppure uno o più linee di programma che formano un blocco di codice (Statment(s)), tra FOR e NEXT, per poi incrementare o decrementare la variabile Counter secondo StepValue fino a quando il valore della variabile contatore raggiunge EndValue.

La sintassi del ciclo è la seguente:

```
FOR Counter = StartValue TO End-
Value { STEP StepValue }
Statement(s)
NEXT { Counter }
```

- Counter è una variabile utilizzata come un contatore.
- StartValue è una variabile /costante / espressione, che specifica il valore iniziale della variabile contatore.
- EndValue è una variabile / costante / espressione che specifica il valore finale della variabile (contatore). Quando il valore di Counter è al di fuori della gamma di StartValue / EndValue, il ciclo FOR ... NEXT interrompe l'esecuzione e il programma prosegue, dopo l'istruzione NEXT.
- StepValue è una variabile facoltativa/costante/espressione che aumenta o diminuisce con Counter ogni iterazione

Il **listato 3** riporta un esempio di utilizzo del ciclo iterativo For, mentre lo schema di montaggio è riportato in **figura 5**.

STRUTTURE DI CONTROLLO ITERATIVE

Si tratta di strutture di controllo che ripetono un numero di volte variabile un certo insieme di istruzioni (Statments)

LISTATO 6

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
counter VAR Byte
FOR counter = 1 TO 122
PULSOUT 13, 850
PULSOUT 12, 650
PAUSE 20
NEXT
END
```

LISTATO 7

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
Tempo_avanti VAR Word
counter VAR Word
n VAR Word
DEBUG CLS, "Per quanto tempo (in millisecondi ) devo avanzare?"
DEBUGIN SNUM Tempo_avanti
counter = Tempo_avanti/24
FOR n = 1 TO counter
PULSOUT 13, 850
PULSOUT 12, 650
PAUSE 20
NEXT
END
```

Una versione del BoeBot con modulo ad ultrasuoni.

detto corpo del ciclo. Il numero delle iterazioni da eseguire è controllato da una condizione logica. Nel Pbasic possiamo utilizzare una struttura iterativa di tipo precondizionale del tipo Do While Loop, in cui la condizione viene verificata prima di avviare il ciclo iterativo o una struttura postcondizionale del tipo DO LOOP UNTIL in cui la condizione logica viene verificata dopo aver eseguito il corpo del ciclo.

CICLO DO WHILE LOOP

La sintassi è la seguente:

```
DO  WHILE   Condition(s)
Statement(s)
LOOP
```

Il comando while ripete un certo insieme di istruzioni (statmets) compreso tra DO e LOOP fintanto che una condizione logica posta prima o dopo lo statments risulta vera. La condizione è rappresentata da una variabile o da una espressione il cui valore determina quando il loop sarà arrestato. In pratica viene eseguito il corpo zero o più volte fintantoché la condizione logica tra parentesi è vera. In **figura 6** è riportato il diagramma di flusso del ciclo while. Il **listato 4** mostra un esempio di implementazione della stuttura Do While Loop.
Questo programma stampa a video sul terminale di Debug un asterisco "*" ad ogni iterazione. Quindi stamperà tre asterischi, perché alla terza iterazione il ciclo sarà terminato dal raggiungimento della condizione logica. Un caso particolarmente importante e frequente nelle applicazioni è il ciclo che abbiamo già avuto modo di utilizzare:

```
Do
   istruzione1;
   …….
   istruzione_n;
LOOP
```

In questo caso, le istruzioni tra le parentesi graffe saranno eseguite all'infinito.

CICLO DO LOOP UNTIL

Questa struttura iterativa, ha la seguente sintassi:

```
DO
Statement(s)
LOOP  UNTIL Condition(s)
```

Le istruzioni tra le parentesi graffe poste dopo il DO sono eseguite fintanto che la condizione logica è vera. E' importante notare che il ciclo Do Loop Uunitl si comporta pressoché allo stesso modo del ciclo while. Nel comando while però la condizione viene controllata prima di eseguire le istruzioni, mentre nel comando Do Loop Until la condizione è controllata alla fine. Con il comando Do While Loop, le istruzioni possono non venire mai eseguite, mentre con il comando do esse vengono eseguite almeno una volta. In pratica, la differenza tra il ciclo Do while e Do until è che nel secondo caso il blocco di codice sarà sempre eseguito almeno una volta prima che la condizione logica sia testata e continuerà ad essere eseguito finchè la condizione logica sarà falsa. Il **listato 5** riporta un esempio relativo all'utilizzo del ciclo DO LOOP UNTIL

PIANIFICARE IL MOTO DEL BOE-BOT

Cominciamo a vedere come gestire alcuni semplici movimenti, partendo dalle tecniche di base per l'azionamento dei servomotori. Nella prima puntata abbiamo visto che il segnale di taratura, costituito da impulsi di 1.5 ms aventi un periodo di 20 ms, fa si che i servo siamo fermi. Un treno di impulsi di 1.3 ms **(figura 8)** fa invece avanzare i servo in senso orario alla massima velocità, mentre un treno di impulsi di 1.7 ms fa avanzare i servo in senso antiorario alla massima velocità. E' evidente che valori intermedi della durata degli impulsi compresi tra 1.5 ms e 1.7 ms daranno luogo a rotazioni antiorarie con velocità variabili tra il minimo e il massimo, mentre valori intermedi della durata degli impulsi compresi tra 1.3 ms e 1,5 ms daranno luogo a rotazioni orarie con velocità comprese tra il massimo e il minimo. La massima velocità di rotazione dei servo è di circa 50/60 RPM (giri per minuto). E' importante fare subito un'osservazione sul verso di rotazione dei servo: quando questi saranno montati su ciascun lato del telaio, per far avanzare in avanti il Boe-Bot, uno dovrà girare in senso orario mentre l'altro dovrà girare in senso antiorario! Questo concetto, che può sembrare strano, è esemplificato in **figura 9**: visto dal lato sinistro, perché il Boe-Bot avanzi, la ruota deve ruotare in senso antiorario; visto dal lato destro, perché il Boe-Bot avanzi la ruota deve ruotare in senso orario. Nel **listato 6** è riportato un programma che fa muovere in avanti il robot per circa tre secondi. Il valore dell'argomento Duration del comando PULSOUT controlla il verso e la velocità di rotazione del servomotore, mentre il parametro che controlla per quanto tempo il servomotore si porta in una data posizione è il numero di volte che il ciclo FOR…NEXT viene reiterato.
Ma come determinare il numero delle iterazioni? Assumiamo di voler far girare

LISTATO 8

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
counter VAR Byte
FOR counter = 1 TO 122
PULSOUT 13, 650
PULSOUT 12, 850
PAUSE 20
NEXT
END
```

ambedue i servo alla massima velocità: quindi P13 con una larghezza di impulso di 850 ed il servo P12 con una larghezza di impulso di 650. Ciascuna iterazione del ciclo, durerà:

1.7ms – Servo collegato a P13
1.3 ms – Servo collegato a P12
20 ms – durata della Pausa
1.6 ms – Durata del Ciclo di Iterazione
———————- ——————————————
24.6 ms – Totale

A questo punto per trovare il numero delle iterazioni sarà sufficiente dividere il tempo di azionamento per la durata di una singola iterazione.

PROGRAMMA CHE CALCOLA IN AUTOMATICO IL TEMPO DI ATTIVAZIONE DEI SERVO

Il programma riportato nel **listato 7**, utilizzando l'interfaccia di debug esegue in modo automatico il calcolo delle iterazioni L'idea di base è la seguente: dato il tempo di azionamento dei servo (in millisecondi), si divide per 24; il risultato è il numero di iterazioni che dovremo eseguire.

RETROCEDERE, CURVARE, E RUOTARE

Tutto quello che ci serve per ottenere altri tipi di movimento dal nostro Boe-Bot sono diverse combinazioni degli argomenti Duration del comando PULSOUT. Per esempio, questi due comandi PULSOUT possono essere usati per far retrocedere il Boe-Bot:

```
PULSOUT 13, 650
PULSOUT 12, 850
```

Questi due comandi faranno curvare il vostro Boe-Bot a sinistra (se lo stiamo guardando dall'alto in senso antiorario):

```
PULSOUT 13, 650
PULSOUT 12, 650
```

Questi due comandi faranno curvare il vostro Boe-Bot a destra (se lo stiamo guardando dall'alto in senso orario):

```
PULSOUT 13, 850
PULSOUT 12, 850
```

Potremo combinare questi comandi per far muovere il Boe-Bot in avanti, curvare a sinistra, curvare a destra, quindi arretrare. Il **listato 8** riporta un programma che fa retrocedere il robot per tre secondi a sinistra e poi a destra.

PIANIFICARE IL MOTO CON LE SUBROUTINE

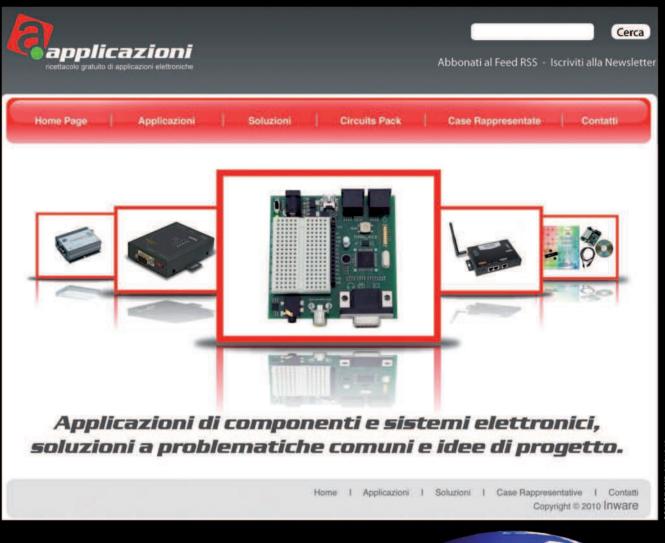
Una subroutine inizia con un'etichetta che serve come nome e finisce con un comando RETURN. I comandi tra l'etichetta ed il comando RETURN costituiscono il blocco di codice riutilizzabile che chiameremo subroutine. Esistono due parti in una subroutine PBASIC: la chiamata, ovvero il comando che nel programma dice di saltare alla parte di codice riusabile per poi tornare indietro quando quella parte è finita ed il corpo stesso subroutine. Il **listato 9** riporta un esempio di utilizzo delle subroutine.

CONCLUSIONI

Avete seguito tutto con attenzione? Complimenti! Con quello che ormai conoscete potete programmare il vostro robot in modo da pianificare ogni tipo di percorso! Bene anche per questo mese è tutto... Nella prossima puntata svilupperemo dei programmi per compiti più complessi e parleremo dell'uso avanzato dei sensori. Non mancate! ❑

CODICE MIP 2772299

LISTATO 9

```
' Rende i movimenti Avanzamento, Sinistra, Destra, e Retromar-
cia  delle subroutine riusabili.
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
counter VAR Word
GOSUB Avanti
GOSUB Sinistra
GOSUB Destra
GOSUB Indietro
END
Avanti:
            FOR counter = 1 TO 122
            PULSOUT 13, 850
            PULSOUT 12, 650
            PAUSE 20
            NEXT
            PAUSE 200
           RETURN
Sinistra:
          FOR counter = 1 TO 24
          PULSOUT 13, 650
          PULSOUT 12, 650
          PAUSE 20
          NEXT
          PAUSE 200
         RETURN
Destra:
         FOR counter = 1 TO 24
         PULSOUT 13, 850
         PULSOUT 12, 850
         PAUSE 20
         NEXT
         PAUSE 200
         RETURN
Indietro:
          FOR counter = 1 TO 64
          PULSOUT 13, 650
          PULSOUT 12, 850
          PAUSE 20
          NEXT
          RETURN
```

di FRANCESCO PENTELLA

Microsoft Robotics Studio - quinta parte

Esempio pratico con Bluetooth BOE-bot

In questa parte vogliamo soffermarci su alcuni esempi per meglio illustrare quanto scritto fino ad ora, nel contempo, mettere in evidenza le possibilità che offre un tool di lavoro come Microsoft Robotics Studio

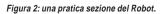
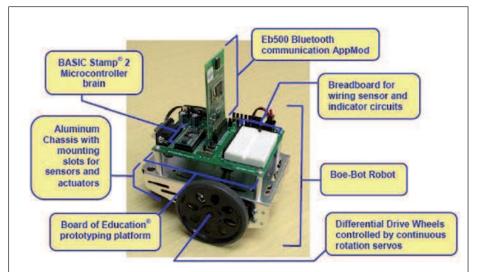
Ad oggi abbiamo affrontato diversi temi e, con molta probabilità, può essere utile soffermarci su alcuni aspetti prima di proseguire oltre. In effetti, in questa parte vogliamo proporre un esempio per evidenziare le possibili interazioni tra Microsoft Robotics Studio con un'applicazione concreta. Abbiamo scelto un'applicazione non molto complessa per non affrontare questioni, per ora, non considerate essenziali; infatti, vogliamo mostrare le possibilità di interazione con il controllore dei movimenti di Boe-Bot di Parallax. In sostanza, il nostro obiettivo è di interagire con il nostro robot per mezzo di alcuni semplici comandi e verificarne l'uso **(figura 1)**.

Figura 1: BluetoothBoeBot.

BOE-BOT DI PARALLAX

Il prodotto di Parallax, Boe-Bot robot, è stato, per diverso tempo, uno dei maggiori oggetti utilizzati in ambito automatico per scopi didattici, anche se esistono anche piccole applicazioni pratiche. La **figura 2** pone in evidenza le parti che costituiscono il Robot. Il Boe-Bot dispone di una parte programmabile, denominata BasicStamp2, corredata da un microcontrollore. Per programmare BasicStamp2 si dispone di un linguaggio realizzato appositamente allo scopo: il PBASIC, un linguaggio ad alto livello simile al basic. La **figura 3** mostra la schedina Basic Stamp2 alloggiato sul modulo automatico. È attraverso questo modulo programmabile che il sistema riesce a colloquiare con un host. Le diverse configurazioni di lavoro possono essere inviate alla board attraverso un'opportuna linea di comunicazione, da seriale alla connettività senza fili, come è messo in evidenza dalla **figura 4**.

Una delle prime operazioni che occorre fare è quella di verificare la connettività con il nostro host: in questo caso è opportuno verificare se la linea di comuni-

Figura 2: una pratica sezione del Robot.

cazione verso un laptop è in grado di lavorare correttamente. Per svolgere questo lavoro è necessario inviare alla schedina BasicStamp2 un piccolo programma scritto in PBASIC, **listato 1**. Come possiamo notare dal **listato 1**, sono presenti due righe di codice:

‘ {$STAMP BS2}
‘ {$PBASIC 2.5}

che identificano due direttive dell’ambiente di compilazione. La prima è una direttiva per la BasicStamp2. In questo caso si chiede di caricare il programma sulla schedina, per l’appunto, BasicStamp2. La seconda, al contrario, è una direttiva del linguaggio PBASIC, in questo caso si indica che si sta utilizzando la versione 2.5 del PBASIC. Lo scopo, però, di questo articolo è mostrare in che modo Boe-Bot riesce a lavorare con Microsft Robotics Studio (MSRS). L’operazione descritta in precedenza permette di controllare eventuali anomalie presenti sulla linea di comunicazione e questa verifica può essere svolta attraverso il tool di lavoro con PBASIC. Come abbiamo messo in evidenza nelle precedenti puntate, l’ambiente MSRS permette di realizzare e supportare un’enorme varietà di funzionalità, come ad esempio la gestione e la realizzazione di un robot per il monitoraggio di variabili ambientali o, più semplicemente, controllare la movimentazione di un sistema automatico. Il sistema MSRS consente di sfruttare anche una discreta varietà di linguaggi, dal Visual C# a Visual Basic passando attraverso il VPL, o Visual Programming Language. L’ambiente di lavoro permette di comunicare e gestire con altri servizi utilizzati dal robot, come ad esempio una seriale o una connessione Bluetooth.
Non solo, sul Boe-Bot robot, in particolare sul BasicStamp2, è in esecuzione il PBASIC che deve essere in grado di processare i diversi comandi di controllo, di gestire i sensori e controllare i diversi driver utilizzati dal moto: il PBASIC è, in definitiva, utilizzato per colloquiare con MSRS attraverso, ad esempio, una classica connessione seriale, anche se esistono sistemi più interessanti che utilizzano una pila TCP/IP.

Figura 3: modulo BasicStamp2 presente sul robot.

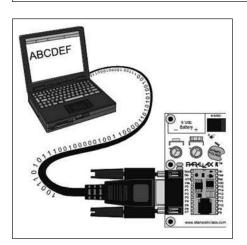



Figura 4: connessione seriale verso un laptop.

Figura 5: selezione della porta COM.

PREMESSA

Prima di partire con MSRS è necessario impostare la comunicazione seriale: occorre identificare la porta seriale, porta COM, utilizzata su PC, con sistema operativo Windows di Microsoft, al fine di garantire la corretta gestione del target. In effetti, una volta inserito, nel nostro caso, l’adattatore USB Bluetooth il sistema operativo creerà un’istanza da utilizzare per il driver.
Di solito, in un qualsiasi sistema Windows utilizzato, si avvia, in automatico, un’icona presente sul desktop o nella barra delle applicazioni identificata come “Risorse di Bluetooth”.
Successivamente, per ricavare l’identificatore della porta utilizzata è necessario individuare la porta COM cui risulta associata la risorsa eb500 (il modulo Bluetooth) dell’applicazione, **figura 5**. Il parametro così ricavato deve essere inserito nel file di configurazione della seriale presente sull’host.

LISTATO 1

```
‘ Robotics with the Boe-Bot
‘ BASIC Stamp sends a text message to your PC/laptop.
‘ {$STAMP BS2}
‘ {$PBASIC 2.5}
DEBUG “Hello, this is a message from your Boe-Bot.”
END
```

PRIMA VERIFICA

Per prima cosa possiamo controllare le interfacce presenti con un apposito programmino di test in questo modo possiamo essere sicuri della corretta funzionalità dei driver utilizzati dal Boe-Bot per essere successivamente utilizzati nella nostra applicazione. Dopo aver impostato il nostro target, come pone in evidenza la **figura 6**, possiamo inviare il nostro programma di test, **listato 2**, scritto sempre in PBASIC. Una volta caricato e resettato la basetta, possiamo notare, se il tutto funziona correttamente, l'accensione e lo spegnimento, dopo alcune sequenze, delle luci poste sul nostro Boe-Bot di Parallax: a questo punto il Boe-Bot è in grado di lavorare con MSRS. Per permettere a Boe-Bot di colloquiare direttamente con MSRS è necessario disporre di un programma residente sul target che sia in grado di gestire la linea di comunicazione, attraverso un opportuno protocollo. Dal sito della rivista è possibile prelevare il programma completo. Una volta fatto il download sul target (con il comando CTRL-R) e messo in esecuzione, possiamo notare che Boe-Bot emetterà un flashing del LED collegato al pin P15. Terminata la procedura di reset, il programma su target si pone in una modalità di attesa al fine di gestire i diversi comandi da PC inviati da MSRS. Possiamo a questo proposito anche scollegare il cablaggio verso il PC poiché il colloquio avviene via Bluetooth.

BOE-BOT REMOTE CONTROL VIA MSRS

Il punto di contatto tra i due mondi si basa su una connessione seriale, da una banalissima seriale RS232 o esiste anche la possibilità di utilizzare le più recenti tecnologie, come ad esempio una Bluetooth. Il codice presente sul target deve funzionare come un driver software per la Boe-Bot. In sostanza, deve ricevere istruzioni dalla piattaforma.NET, attraverso un protocollo custom, e determinare i comandi PBASIC che il software residente deve poter eseguire per raggiungere il risultato auspicato. Così, se vogliamo implementare un controllo remoto per gestire la movimentazione del Boe-Bot robot occorre definire sul lato host alcune routine che dovranno spedire i dati sulla seriale presente del PC. Ad esempio, il controllo del *moto verso destra* può essere rea-

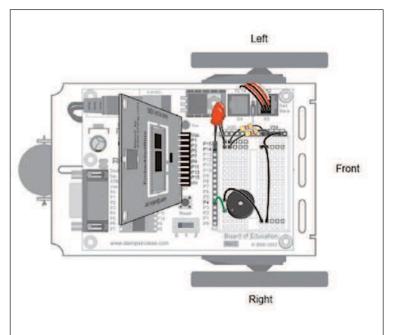



Figura 6: prima verifica.

Figura 7: protocollo di comunicazione (I parte).

Start Byte	Message Index	Command	Data 1	Data 2
0 ....BASIC Stamp instructs PC to repeat handshake. (The PC's version of this message is command = 192.)				
255	index	0	don't care	don't care
1 ....BASIC Stamp initiates handshake				
255	index	1	don't care	don't care
2 ....PC confirms receipt of handshake initiation				
255	index	2	don't care	don't care
3 ....BASIC Stamp instructs PC to send next command				
255	index	3	don't care	don't care
32 .....PC transmits Boe-Bot left and right servo speeds Left and right servo speeds are 0 to 200 where: • 0 is full speed clockwise • 200 is full speed counterclockwise • 100 is full stop. Note: For most Parallax Continuous rotation servos, the response is close to linear from about 60 to 140.				
255	index	32	left speed	right speed
33 .....PC instructs Boe-Bot to select a preprogrammed maneuver. The current character options are: • "U" - back up and make a u-turn • "L" - back up and make a left turn • "R" - back up and make a right turn				
255	index	33	character	don't care
64 .....PC instructs Boe-Bot to send Ir detector states • x is don't care • L is the state of the left IR detector and • R is the state of the right. Note that states are active-low.				
255	index	64	xxxxxxLR	don't care
65 .....PC instructs Boe-Bot to send Whisker states bits are xxxxLRxx, where L is the state of the left whisker and R is the state of the right. Note that states are active-low.				
255	index	65	xxxxLRxx	don't care

Start Byte	Message Index	Command	Data 1	Data 2
96 .....PC instructs Boe-Bot to play a tone on the speaker • duration is in 50 ms units (example 20 -> 1 second) • frequency is in 50 Hz units (example 20 -> 1 kHz)				
255	index	96	duration	frequency
97 ......PC instructs Boe-Bot to set the states of up to two I/O pins Each byte holds the command (0 to 4) in the upper nibble and the pin (0 to 15) in the lower nibble. Command: • 0 - take no action • 1 - Make pin an output • 2 - Make pin an input • 3 - Make pin output-high • 4 - Make pin output-low				
255	index	97	command/pin	command/pin
98 ......PC instructs Boe-Bot to delay for a specified number of milliseconds. • Do nothing for the specified number of milliseconds (word value).				
255	index	98	low byte	high byte
128 ....PC instructs Boe-Bot to enable Digital Sensors Causes every BASIC Stamp reply Data 1 byte to contain xxxxlrLR • l- left whisker • r - Right whisker • L - Left IR • R - Right IR				
255	index	128	don't care	don't care
129 ....PC instructs Boe-Bot to Enable IR IR is implemented, but it does not need any enable/disable at this time.				
255	index	129	don't care	don't care
130 ....PC instructs Boe-Bot to Enable Whiskers Configures Boe-Bot to halt forward motion upon whisker contact without first consulting with the PC. Since message round trips tend to be in the 160 ms, this mode prevents the Boe-Bot from colliding with an object it contacts before it gets a command back from the PC.				
255	index	130	don't care	don't care
160 - 162 .. Disable versions of 128 - 130				
255	index	160, 161, or 162	don't care	don't care
192 ....PC instructs BASIC Stamp to reset message index and begin the handshake.				
255	index	97	command/pin	command/pin

Figura 8: protocollo di comunicazione (II parte).

lizzata implementando l'istanza:

```
_mainPort.Post(new TurnRight());
```

L'operazione di TurnRight (gira a destra) è una delle operazioni più utilizzate di un sistema automatico. Chiaramente, una soluzione completa deve prevedere anche operazioni di Stop, Avanti, Indietro e Gira a Sinistra. Ogni possibile opzione per il moto deve, per forza di cose, corrispondere ad una particolare selezione permessa da un'interfaccia grafica appositamente predisposta. In sostanza, occorre definire una classe e un gestore composto da un certo numero di funzioni pensate allo scopo. Il **listato 3** mostra una possibile implementazione della funzionalità di TrunRight. Le istruzioni per il Boe-Bot risiedono nel TurnRightHandler, **listato 5**. Questo gestore, per prima cosa, deve verificare che il motore è abilitato e quindi attiva un'istanza di un oggetto SetDrivePowerRequest. Questa ultima funzione deve fornire la necessaria potenza per permettere al robot di svolgere l'operazione desiderata, girare a destra o a sinistra. Le richieste definite dall'host devono poi essere interpretate dal software residente sul Boe-Bot che ha il compito gestire correttamente il sistema. Possiamo vedere dal **listato 5** la porzione di codice che deve essere utilizzato dal Boe-Bot per gestire la richiesta inviata dal MSRS. Leggendo il listato si può verificare che il firmware residente sul robot è in attesa di ogni richiesta dell'MSRS (routine Set_Servo_Speed). Il programma residente deve accettare le richieste secondo un protocollo definito allo scopo utilizzando la linea seriale, secondo le indicazioni presenti sul data frame inviato dall'MSRS. Il listato del possibile codice può essere prelevato dal sito della rivista. Al contrario, il **listato 6** mostra una possibile implementazione del gestore della comunicazione verso Boe-Bot. Il processo di comunicazione deve rispettare il protocollo definito tra i due attori ed è posto in evidenza nella sezione successiva. Al contrario, il **listato 7** mostra, sul lato MSRS, il set-up della comunicazione seriale.

PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE

Il protocollo che mette in comunicazione i due ambienti è stato appositamente realizzato al fine di minimizzare le risorse. Il firmware residente su Boe-Bot deve periodicamente controllare i parametri dei servomeccanismi ad una frequenza che risulta indipendente da quella della gestione del protocollo. Il laptop, o un qualsiasi PC collegato come host, con Microsoft Robotica Studio deve trasmettere continuamente il data frame fino a quando non riceve, come risposta, un pacchetto dal BasicStamp2. Il Message Index, presente all'interno del frame, è utilizzato come Acknolowdge del pacchetto. Il software residente su Basic Stamp deve incrementare l'indice una volta ricevuto il pacchetto e dall'altra parte, il laptop, deve, a sua volta, incrementarlo e inserirlo in un pacchetto successivo per il target. Al contrario, il Basic Stamp utilizza l'indice per annullare tutte le ripetizioni del pacchetto. Il firmware presente sul Basic Stamp controlla, in maniera periodica, se ci sono dati presenti sulla linea seriale: in pratica controlla la presenza di un pacchetto di cinque byte con il carattere di Start Frame pari a 255. Il controllo deve essere effettuato ogni 5ms. Il byte di partenza, o Start Frame, è seguito da diversi messaggi: il primo campo è il Message Index, mentre i successivi sono composti dal pacchetto Command su due byte. Nessun messaggio deve contenere il flag di Start Frame perché è necessario per ricostruire la congruenza del messaggio. La **figura 7** e **8** mostrano il protocollo utilizzato con il significato dei diversi campi. ❑

CODICE MIP 2772418

Lo shop della Community dell'elettronica

Real view 3.0

PRIMO PIANO

RealView è un'applicazione di misurazione che registra e traccia i valori di misurazione da dispositivi hardware analogici in tempo reale. Diverse curve possono essere tracciate in un singolo diagramma. Più diagrammi possono essere disposti su una o più pagine se necessario. Le opzioni di tracciamento quali larghezza o colore della penna possono essere utilizzate per creare diagrammi perfettamente chiari.

CODICE: REALVIEW 3.0 PREZZO: € 47.88

SmartGM862-GPS Board

Lo SmartGM862-GPS è uno strumento di sviluppo completo per il modulo Telit GM862-QUAD-GPS. Questa scheda ha tutto quello che avete bisogno per sviluppare il vostro progetto basato sul modulo Tellit GM862-QUAD-

NOVITA'

GPS. E' dotata di uno strumento di regolazione della tensione, quindi non c'è alcuna necessità di collegamento di ulteriori circuiti di alimentazione. Tutto quello che dovete fare è collegare l'alimentazione (9-32V DC o 7-23 AC) alla scheda, collegare il modulo GSM/GPRS e l'antenna GPS e si è pronti per iniziare lo sviluppo di dispositivi basati su GSM-GPRS-GPS . Inoltre vi è un DIP switch di serie che viene utilizzato per configurare le linee di connessione per il microcontrollore desiderato. La scheda può essere collegata a circuiti esterni o a microcircuiti attraverso connettore IDC10 e puntali 2,54 millimetri. Antenne aggiuntive possono essere collegate oltre a quella disponibile on-board.

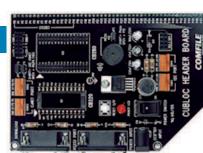
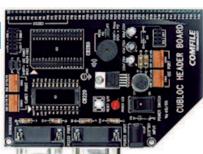
CODICE: SMARTGM862-GPS BOARD PREZZO: € 70.80

NOVITA'

CUBLOC Header Board

Interfaccia per CB220, CB280, CB320 e CB380 per eseguire il test di una basetta sperimentale. Potete utilizzare questa interfaccia per collegarvi a una scheda madre ed eseguire il test facilmente utilizzando dei jumper.

CODICE: CUBLOC HEADER BOARD PREZZO: € 34.80

NOVITA'

BiStep Motor Controller USB

La Board BS0710-USB è un motor controller a doppio passo Unipolare/Bipolare che può essere controllato da un microcontroller usando l'interfaccia seriale o un PC utilizzando la connessione USB. Include la capacità di guidare uno o due motori a passo, ognuno dei quali può essere unipolare (4-pole) o bipolare (2-pole). Questa unità è una ottima scelta per coloro i quali disegnano prodotti usando attuatori lineari, specialmente dato il fatto che le caratteristiche di micro stepping riducono i livelli di rumore e possono incrementare notevolmente la precisione di posizionamento.

CODICE: 27969 PREZZO: € 138.00

PIC Microcontroller: programmazione in Basic

NOVITA'

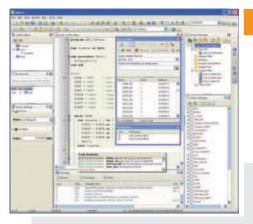
Il libro "PIC Microcontroller: programmazione in Basic" si concentra su microcontrollori PIC in linguaggio di programmazione BASIC con esempi pratici, le istruzioni del senso comune, progetti reali, illustrazioni chiare e schemi dettagliati. Questo libro dimostra, passo-passo, come progettare e costruire dispositivi PIC-based facilmente. Settare tutto l'hardware ed il software necessario, leggere l'input da un converti-tore A/D, lavorare con i segnali di I/O, interfacce con le periferiche e verificare i risultati.

CODICE: FE-44 PREZZO: € 23.88

OFFERTA

MikroC-dsPIC

Il compilatore C di Mikroelektronika dedicato ai microcontrollori delle famiglie dsPIC30/33 e PIC24. Dotato del proprio ambiente IDE consente un rapido sviluppo software grazie agli strumenti come il code explorer, il de-bugger e le statistiche.

CODICE: MIKROC-DSPIC PREZZO: ~~€ 238.80~~ € 118.80

OFFERTA

MikroC-PRO per 8051

Per sviluppare tutto il firmware necessario alla vostra applicazione con i microcontrollori 8051, Mikroelektronika propone il pacchetto MikroC-PRO, un compilatore C per 8051. Con MikroC sarà possibile creare file sorgenti in C utilizzando il Code Editor integrato, compilare e linkare il codice, controllare il programma utilizzando il debugger, monitorare lo stato delle variabili attraverso la Watch Window, ottenere un report degli errori di compilazione ed estrarre statistiche dettagliate sull'uso della memoria dell'8051 e molto altro.

CODICE: MIKROC-PRO PER 8051 PREZZO: ~~€ 238.80~~ € 118.80

BUNDLE

4 e-book ad un prezzo speciale!

Un bundle che comprende quattro ebook Inware Edizioni ed in particolare:
- CPLD, per programmare le logiche programmabili Xilinx
- MikroC, guida alla programmazione in C dei microcontrollori PIC
- PICmicro, guida alla programmazione Assembler dei microcontrollori PIC
- Smartcard, Gli standard, i formati ed applicazioni pratiche

CODICE: BUNDLEV PREZZO: € 39.00

Lo shop della Community dell'elettronica

BEST SELLER

Abbonamento Club Firmware Digital

Firmware, prima tra le riviste italiane di elettronica, è da oggi disponibile in una nuova, fantastica edizione digitale! I vantaggi della edizione digitale sono numerosissimi:

non più solo testo ma anche video!

possibilità di grande interazione per il lettore

links a tutte le varie risorse aggiuntive

possibilità di cercare un testo nella rivista corrente e nell'archivio (!)

possibilità di stampare tutta la rivista o anche solo alcune parti

possibilità di leggere la rivista offline scaricandola sul PC

possibilità di leggere la rivista con gli e-reader

abbonamento a prezzo ridottissimo

Abbonamento a 6 numeri di Firmware Edizione digitale compreso un anno di iscrizione al Club di Firmware.

CODICE: FW-ABB CLUB FIRMWARE EDIZIONE DIGITALE

PREZZO: € 25.00 (PREZZO PROMOZIONALE FINO AL 30 GIUGNO!

Abbonamento CLUB Firmware digitale al prezzo del premium!

Scheda Zigbee

La BeeProto è una piccola scheda di sviluppo per realizzare reti Zigbee basate sul modulo ZigBit. Il modulo ZigBit con Antenna Dual Chip è un modulo ZigBee® 802.15.4 a bassa potenza e altissima sensibilità. In solo meta' pollice quadrato di spazio è presente un impressionante set di caratteristiche che difficilmente troverete altrove. Basato su una solida combinazione, questa versione di ZigBit offre prestazioni radio superiori con eccezionale facilità di integrazione. Il modulo ZigBit con Antenna dual Chip elimina il bisogno di un costoso sviluppo RF e accorcia il tempo di immissione sul mercato, mentre il software embedded 802.15.4 / ZigBee® assicura connettività wireless standards-based per una vasta gamma di applicazioni.

CODICE: EP-BEEPROTO PREZZO: € 46.80

Modulo Trackball

Aggiungete un divertente componente all'interfaccia per i vostri progetti Propeller con il Modulo Trackball da Parallax! Simile alla trackball presente su molti telefoni intelligenti, questo

sensore è facilmente trasportabile e può essere utilizzato per sostituire un mouse in molte applicazioni. Il modulo è dotato di trackball un interruttore costruito nel centro di selezione e di un LED rosso che può essere programmato per accendersi insieme alla trackball quando desiderato.

CODICE: 27908 PREZZO: € 18.00

SMARTADT2GL

Scheda per la configurazione dei pin di output con le specifiche necessarie, con connettore per display LCD e GLCD. Consente di commutare l'output 16 pin solo spostando i ponticelli di bordo e di selezionare la tensione di ingresso tramite jumper. Dotata di connettore GLCD/LCD con a bordo la regolazione del contrasto e connettore IDC10 di alta qualità.

CODICE: EP-SMARTADT2GL PREZZO: € 14.40

Sensore di colori

ColorPAL è un sensore luce di colori miniaturizzato che, attraverso il proprio LED RGB, lavora anche come generatore di colore. Per il riconoscimento del clore, ColorPAL utilizza il proprio LED per illuminare un campione, un componente colore alla volta, insieme a un convertitore broad-spectrum light-to-voltage per misurare la luce riflessa indietro. L'ammontare di luce riflessa dal campione sotto illuminazione dal LED rosso, verde e blu può essere usata per determinare il colore del campione.

CODICE: COLORPAL PREZZO: € 18.00

PropScope

PropScope è un oscilloscopio a due canali capace di leggere 25 milioni samples per secondo con dieci bits di risoluzione su un, due, dieci o venti onde volts peak-to-peak. L'alimentazione è fornita attraverso la porta USB che richiede solo un singolo cavo per connettere PropScope a qualsiasi laptop o desktop PC.

CODICE: 32220 PREZZO: € 298.80

www.ieshop.it

Ordinare direttamente tramite internet conviene! Potrai infatti aggiudicarti dei buoni sconto (coupon) con le modalità:

COUPON ABBONAMENTO ONLINE FE E FW
Sottoscrivendo un nuovo abbonamento o rinnovando il proprio online, direttamente tramite IE SHOP, si ha diritto ad un coupon del 15%! **Qualora ci si abbona (sempre online) a Fare Elettronica e Firmware insieme il coupon è del 20%!**

COUPON QUIZ "ELETTROQUIZ"
Rispondendo ai Quiz presente ogni mese su Fare Elettronica si avrà diritto ad un coupon del 10%. Tutte le risposte pervenute saranno accuratamente valutate dagli autori dei quesiti e, in caso di risposta esatta (oltre al Coupon) potrai vincere fantastici premi!

COUPON "ACQUISTI PREMIATI"
I tuoi acquisti su www.ieshop.it vengono premiati con un coupon del 10% se il tuo ordine supera i 100 EUR (IVA e spese di trasporto escluse). Ma se il tuo ordine supera i 200 EUR, lo sconto sale al 20%!

IMPORTANTE!
- Il coupon può essere speso **esclusivamente** ordinando sul sito www.ieshop.it
- Il coupon non potrà essere utilizzato in caso di nuova sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento, è invece utilizzabile per tutti gli altri prodotti presenti su www.ieshop.it
- Ogni coupon ha una scadenza, non dimenticarlo!
- Lo slogan "più acquisti più risparmi" pecca senz'altro di originalità, ma in questo caso è molto azzeccato: i coupon sono infatti utilizzabili solo una volta, usalo bene!
- I coupon non sono cumulabili, e vanno utilizzati singolarmente, secondo il criterio cronologico di assegnazione.

CONTI CORRENTI POSTALI - Ricevuta di Versamento — BancoPosta

sul C/C n. 70107552 di Euro

importo in lettere

INTESTATO A: INWARE EDIZIONI SRL

ESEGUITO DA: VIA - PIAZZA CAP LOCALITÀ

BOLLO DELL'UFF. POSTALE

CAUSALE

CONTI CORRENTI POSTALI - Ricevuta di Accredito — BancoPosta

sul C/C n. 70107552 di Euro

TD 451 importo in lettere

INTESTATO A: INWARE EDIZIONI SRL

CAUSALE

ESEGUITO DA: VIA - PIAZZA CAP LOCALITÀ

BOLLO DELL'UFF. POSTALE codice bancoposta

IMPORTANTE: NON SCRIVERE NELLA ZONA SOTTOSTANTE

importo in euro numero conto td

70107552 < 451>

Indagine sui lettori

Aiutaci a conoscerti meglio!
Con il tuo aiuto riusciremo ad offrirti una rivista sempre più in linea con le tue aspettative!

Nome ....

Cognome ....

Via .... n° ....

Cap .... Città .... Prov ....

Email ....

IL TUO SETTORE DI COMPETENZA:

- ❑ **B05** Direzione Tecnica
- ❑ **B06** Progettazione
- ❑ **B07** Studente
- ❑ **B08** Direzione Acquisti
- ❑ **B09** Insegnante
- ❑ **B10** Altro . . . .

PRODOTTO PRINCIPALE O SERVIZIO OFFERTO DALL'AZIENDA DOVE LAVORI:

- ❑ **C11** Apparecchiature elettriche, elettroniche, ICT
- ❑ **C12** Elettrodomestici
- ❑ **C13** Consulenza
- ❑ **C14** Apparecchiature scientifiche, misura e controllo
- ❑ **C15** Automotive
- ❑ **C16** Vending
- ❑ **C17** Altro . . . .

NUMERO DI DIPENDENTI DELLA TUA AZIENDA:

- ❑ **D18** fino a 10
- ❑ **D19** da 10 a 50
- ❑ **D20** da 50 a 100
- ❑ **D21** da 100 a 500
- ❑ **D22** oltre 500

FE 298/299

Solo se sei abbonato, indica il tuo codice abbonato: . . . .
e barra la casella di interesse:

TIPO DI ABBONAMENTO:

- ❑ **A01** Personale uso professionale
- ❑ **A02** Aziendale
- ❑ **A03** Scuola o Università
- ❑ **A04** Personale uso hobbistico

Compila il cedolino e invialo in busta chiusa o via fax allo 02 66508225 e riceverai GRATIS a tua scelta UN CD-ROM DEL VALORE DI 10 EURO

STARTER KIT per lo sviluppo di applicazioni con i microcontrollori Freescale 9RS08

MASTERIZZARE DVD E FORMATO DIVX un corso che spiega con esempi pratici come masterizzare DVD e in formato DivX.

Grazie per la preziosa collaborazione!

IMPORTANTE: NON SCRIVERE NELLA ZONA SOPRASTANTE!

AVVERTENZE

Il Bollettino deve essere compilato in ogni sua parte (con inchiostro nero o blu) e non deve recare abrasioni, correzioni o cancellature.

La causale è obbligatoria per i versamenti a favore delle Pubbliche Amministrazioni.

Le informazioni richieste vanno riportate in modo identico in ciascuna delle parti di cui si compone il bollettino.

PRODOTTI

Se vuoi ordinare "offline" ovvero senza usare internet, usa il seguente modulo d'ordine **PRODOTTI**

COD. PRODOTTO	DESCRIZIONE	PREZZO UNITARIO	Q.tà	Totale
			SUB TOTALE	
			SPESE DI SPEDIZIONE	
			TOTALE	

Nota. Se le righe non sono sufficienti, utilizzare più copie del modulo.
Per maggiori dettagli sulle spese di spedizione e i metodi di pagamento vedi retro cartolina.

METODI DI PAGAMENTO

☐ **BONIFICO BANCARIO** ☐ **BOLLETTINO POSTALE** ☐ **CONTRASSEGNO**

FE 301/302

☐ MasterCard ☐ VISA ☐ American Express ☐ postepay

TITOLARE...
NUMERO ....
DATA DI SCADENZA......................... CODICE DI SICUREZZA ....

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, via Cadorna 27/31 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome .... Cognome ....
Indirizzo .... n° ....
Cap .... Città .... Prov ....
Tel .... Fax .... Email ....
Ragione Sociale ....
Codice fiscale .... Partita IVA ....

DATA .... FIRMA .... ☐ Fattura

ABBONAMENTO

Sì, mi abbono a Fare Elettronica

☐ Abbonamento TRIAL a 3 numeri di FARE ELETTRONICA a soli € 16,50 anzichè € 18,00
☐ Abbonamento PREMIUM a 11 numeri di FARE ELETTRONICA a soli € 55,00 anzichè € 66,00
☐ Abbonamento PRO a 11 numeri di FARE ELETTRONICA include il Cd dell'annata 2009 a soli € 59,50 anzichè € 96,00

SNAP IT

Usa IEmobile!
Abbonati al PRO al prezzo del PREMIUM

FE 301/302

METODI DI PAGAMENTO (per maggiori dettagli vedi retro cartolina)

☐ **BONIFICO BANCARIO** ☐ **BOLLETTINO POSTALE** ☐ **ALLEGO ASSEGNO** (Intestato a Inware Edizioni)

☐ MasterCard ☐ VISA ☐ American Express ☐ postepay

TITOLARE...
NUMERO ....
DATA DI SCADENZA......................... CODICE DI SICUREZZA ....

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, via Cadorna 27/31 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome .... Cognome ....
Indirizzo .... n° ....
Cap .... Città .... Prov ....
Tel .... Fax .... Email ....
Ragione Sociale ....
Codice fiscale .... Partita IVA ....

DATA .... FIRMA .... ☐ Fattura

ISTRUZIONI PER L'ORDINE E SPESE DI SPEDIZIONE

Il modulo d'ordine dovrà essere compilato in tutte le sue parti ed inviato via posta o via fax ai recapiti indicati sul modulo d'ordine stesso. Gli ordini potranno essere fatti anche direttamente online dal sito www.ieshop.it. In questo caso non sarà necessario inviare il modulo d'ordine. Le spese di spedizione ammontano a euro 8,50 a cui vanno aggiunti euro 3,50 se si sceglie di pagare in contrassegno.

METODI DI PAGAMENTO

Si accettano pagamenti ino in contrassegno, carta di credit, bollettino postale o bonifico all'ordine. Per il contrassegno verrà applicata una spesa aggiuntiva di euro 3,50 per le spese di contrassegno. Forme diverse di pagamento devono essere previamente concordate.

Bonifico bancario

Appoggiato su Poste Italiane IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552 intestato a Inware Edizioni srl.

Bollettino postale

Versamento sul conto corrente postale n. 70107552 intestato a Inware Edizioni srl. Inviare la ricevuta (o copia) del versamento.

Contrassegno

La merce verrà pagata direttamente al corriere alla consegna della merce. Il pagamento in contrassegno comporta l'addebito di euro 3,50per spese di contrassegno.

Carta di Credito

Il pagamento con carta di credito può essere effettuato specificando i dati della carta via posta, email, web, fax o telefono. Per gli ordini effettuati sul sito il pagamento mediante carta di credito verrà effettuato attraverso una connessione sicura SSL per garantire la massima sicurezza.

TERMINI E CONDIZIONI

Tutti i prodotti sono coperti da garanzia. La garanzia copre tutti i difetti di fabbricazione entro un anno dal ricevimento della merce. Tutti i prodotti non funzionanti per uso improprio o incuria non saranno ritenuti in garanzia e saranno addebitati gli eventuali costi di riparazione. Tutti i prodotti verranno riparati e/o sostituiti direttamente dal produttore. Non sono coperti da garanzia i componenti elettronici (microprocessori, memorie, ecc.) La garanzia dei prodotti si intende F.co ns. sede, le eventuali spese di trasporto sono a carico del cliente salvo accordi diversi. Per dar corso alla riparazione/sostituzione in garanzia è necessario seguire l'apposita procedura di RMA.

PRIVACY

Ai sensi del Decr. Lgs. 196/2003 la informiamo che i dati trasmessi verranno impiegati coi principali scopi di indagini di mercato e nelle modalità previste dallo stesso, prevalentemente con mezzi informatici. Il conferimento, di norma facoltativo, è obbligatorio per permettere il rapporto commerciale. È in ogni caso fatto diritto dell'interessato esercitare i propri diritti, nei modi previsti dal "Titolo II art. 7" della legge sopra citata, scrivendo a Inware Edizioni srl, Via Cadorna 27 – 20032 Cormano o tramite email all'indirizzo info@inwaredizioni.it

---

ABBONARSI ALLE RIVISTE INWARE EDIZIONI CONVIENE!

I vantaggi per gli abbonati sono, oltre al prezzo bloccato per un anno, la ricezione del numero direttamente a casa con la garanzia di ricevere tutti i numeri.
Inoltre un vistoso risparmio che nel caso dell'abbonamento a tre riviste, ammonta a ben 58 euro.
L'abbonamento ha una durata di 12 mesi e comporta l'invio di 11 numeri di Fare Elettronica. Eventuali variazioni di indirizzo andranno comunicate tempestivamente alla Redazione che provvederà a registrare il cambiamento senza alcuna spesa aggiuntiva. L'abbonamento decorrerà dal primo numero raggiungibile alla data di avvenuto pagamento. Non sono previsti rimborsi in caso di disdetta dell'abbonamento.

METODI DI PAGAMENTO

Bonifico bancario

Appoggiato su Poste Italiane IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552 intestato a Inware Edizioni srl.

Bollettino postale

Versamento sul conto corrente postale n. 70107552 intestato a Inware Edizioni srl. Inviare la ricevuta (o copia) del versamento indicando nella causale:
"Abbonamento Fare Elettronica"

Carta di Credito

Il pagamento con carta di credito può essere effettuato specificando i dati della carta via posta, email, web, fax o telefono. Per gli ordini effettuati sul sito il pagamento mediante carta di credito verrà effettuato attraverso una connessione sicura SSL per garantire la massima sicurezza.

Assegno bancario

E' possibile spedire un assegno bancario insieme a questo coupon.